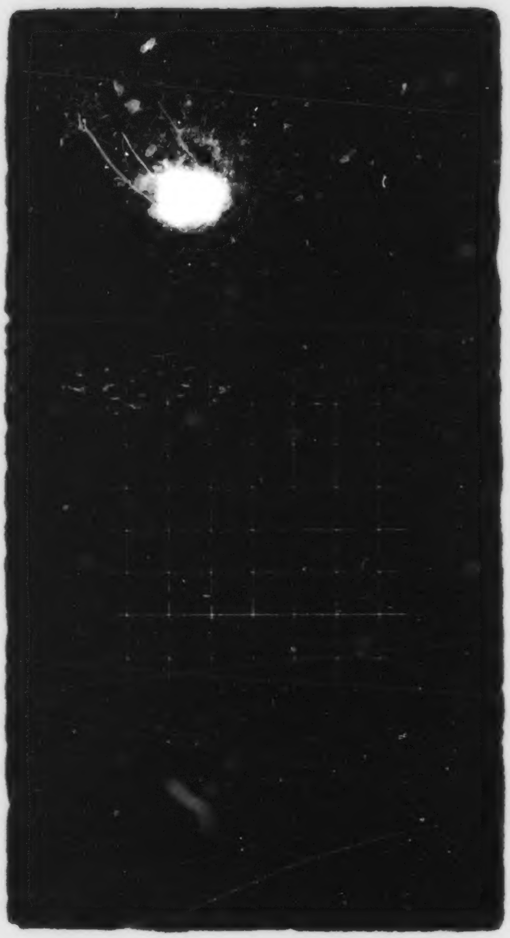
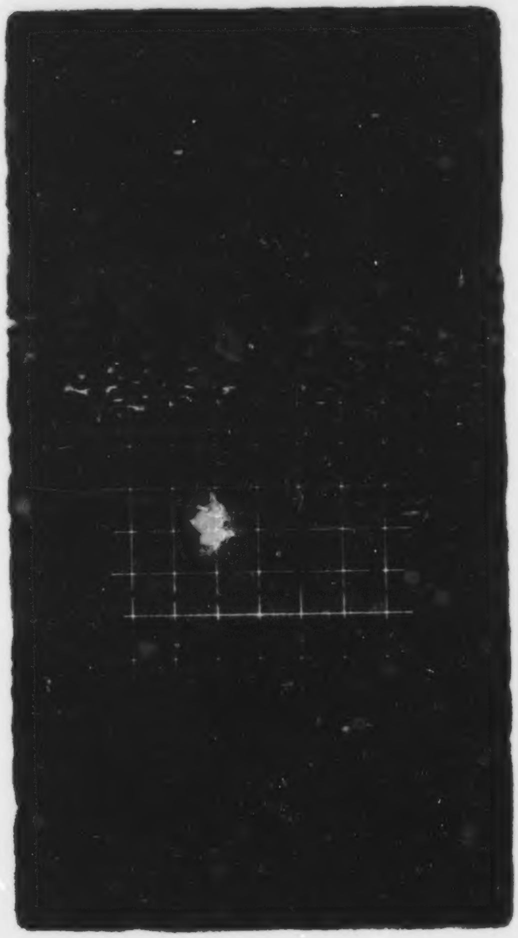


L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT AU CANADA

LE PLAN VERT DU CANADA



L'ÉTAT·DE L'ENVIRONNEMENT AU·CANADA

Gouvernement du Canada

Ottawa
1991

93-02196/

Le respect du lecteur et de l'environnement a présidé à la réalisation de cet ouvrage. La conception graphique exploite au maximum le texte et les illustrations, limitant l'espace inutilisé tout en aérant suffisamment l'ensemble pour que la lecture en soit agréable. Avec une présentation sur trois colonnes en caractères Times, le texte se lit facilement et s'adapte bien à l'insertion des illustrations. Le papier utilisé pour cette publication (y compris les pages de garde et le carton pour reliure) contient, d'après les critères du programme Choix environnemental, au moins 50% de fibres recyclées après utilisation et après commercialisation, dont au moins 10% de la première catégorie. Seules des encres à base végétale ont été utilisées.

Publication autorisée par le ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1991

N° de catalogue : EN21-54/1991F

ISBN 0-660-93471-X

Conception graphique et production : Banfield-Seguin Ltd. (Ottawa)

Impression et reliure : DW Friesen & Sons Ltd. (Altona, Manitoba)

En vente au Canada dans les librairies; commandes postales : Groupe Communication Canada (Ottawa), Canada, K1A 0S9; commandes téléphoniques : (819) 956-4802; commandes par télécopieur : (819) 994-1498.

Prix : 29,95 $ (au Canada)

Also available in English under the following title: *The State of Canada's environment - 1991.*

Données de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre
L'état de l'environnement au Canada - 1991

Publ. aussi en anglais sous le titre : The State of Canada's Environment - 1991
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-660-93471-X
N° de cat. MAS EN21-54/1991F

1. Environnement — Protection — Canada.
2. Conservation des ressources naturelles — Canada.
3. Écologie — Canada.
I. Canada.

TD26.S7714 1991 363.7'00971 C91-098744-0

MESSAGE DU MINISTRE

Lorsqu'ils font un long voyage, les gens cherchent des poteaux indicateurs qui les renseignent sur la direction à suivre et la distance à franchir pour arriver à destination. En 1990, avec *Le Plan vert du Canada pour un environnement sain*, nous nous sommes engagés sur la voie du développement durable. Au cours de ce long voyage dont l'objectif est une économie forte et prospère et un milieu naturel sain et dynamique, les Canadiens seront appelés à changer leur perception de l'environnement et à adopter de nouvelles attitudes à son égard. *L'état de l'environnement au Canada - 1991* leur servira de poteau indicateur en cours de route.

Pendant des millénaires, les activités humaines ont eu un impact minime sur la planète. Toutefois, depuis la révolution industrielle, la capacité des sociétés humaines de modifier l'environnement s'est accrue rapidement. Nous en sommes maintenant à un point où les décisions cumulatives de milliards d'êtres humains ont des répercussions sur toutes les régions du monde.

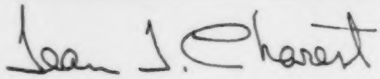
Le Plan vert du Canada reconnaît que, en tant que gardiens d'une partie importante de l'air, de l'eau, des terres et des espèces sauvages de la planète, les Canadiens ont la responsabilité de prendre des décisions judicieuses au sujet de l'environnement. Partout au pays, des gens relèvent le défi du développement durable et veulent avoir des renseignements exacts et à jour sur l'état de l'environnement afin de prendre de meilleures décisions dans leur vie quotidienne.

Ce deuxième rapport national sur l'état de l'environnement a fait appel à la collaboration de plus d'une centaine d'experts des universités, de l'industrie privée, des groupes de protection de l'environnement et des gouvernements. Un Comité consultatif public formé de spécialistes de tout le Canada a contribué à l'élaboration du cadre conceptuel et à l'évaluation du contenu du rapport. De nombreux autres experts travaillant dans des instituts de recherches et dans des secteurs économiques ou faisant partie de groupes de protection de l'environnement ont revu les versions préliminaires des chapitres. Grâce à ce partenariat, le rapport est plus équilibré, plus objectif et plus complet que s'il avait été produit par un seul organisme.

Le rapport se penche sur quatre questions fondamentales : Quelles sont les principales conditions et tendances environnementales au Canada? Quels sont les liens entre les activités humaines et les changements environnementaux? Quelles sont les répercussions de ces changements sur les écosystèmes, l'économie et la santé? Que font les Canadiens en regard des préoccupations mises en lumière?

Les pages qui suivent n'apportent que des éléments de réponse à ces questions. En effet, même si le Canada marque des points à certains égards, nous avons besoin de plus de renseignements pour évaluer l'ensemble de la situation et nous devons prendre davantage de mesures pour nous rapprocher de notre objectif.

Il me fait plaisir de présenter au public canadien *L'état de l'environnement au Canada - 1991*. Je remercie sincèrement tous ceux qui ont contribué à sa préparation, et j'invite tous les Canadiens à faire bon usage des renseignements qui leur sont fournis ici. Le rapport présente une analyse et un résumé d'une vaste gamme de connaissances; servons-nous-en pour contribuer à la protection de l'environnement et assurer notre avenir.



Jean J. Charest
Ministre de l'Environnement

TABLE DES MATIÈRES

Préface vii

Remerciements x

Partie I Perspectives
1. L'écosphère : *le creuset de la vie* 1-1

Partie II Environnement et activités humaines
2. L'atmosphère : *une ressource planétaire* 2-1
3. Les eaux douces : *incolores, inodores et insipides?* 3-1
4. Les océans : *un dossier houleux* 4-1
5. Les terres : *pour une compréhension nouvelle* 5-1
6. La faune et la flore : *le maintien de la biodiversité* 6-1
7. Les aires protégées : *la préservation du patrimoine* 7-1
8. Les pêches : *est bien pris qui croyait prendre* 8-1
9. L'agriculture : *à la recherche d'un système durable* 9-1
10. La foresterie : *au-delà des arbres* 10-1
11. L'exploitation minière : *de nouvelles percées* 11-1
12. L'énergie : *à l'heure des choix* 12-1
13. L'urbanisation : *l'aménagement d'habitats humains* 13-1
14. Les industries : *le prix de notre mode de vie* 14-1

Partie III Études de cas régionales
15. L'Arctique : *un baromètre du changement planétaire* 15-1
16. Le bassin inférieur du fleuve Fraser : *halte à la croissance* 16-1
17. Les Prairies : *un mal enraciné* 17-1
18. Le bassin des Grands Lacs : *à la rescousse d'un écosystème en péril* 18-1
19. Le Saint-Laurent : *un fleuve à reconquérir* 19-1
20. Les terres endiguées de la partie amont de la baie de Fundy : *contre vents et marées* 20-1

Partie IV Enjeux actuels
21. Les produits chimiques toxiques : *vers une gestion intégrale* 21-1
22. Le changement climatique : *un réchauffement inéluctable?* 22-1
23. L'ozone stratosphérique : *un bouclier percé* 23-1
24. Les dépôts acides : *une attaque insidieuse* 24-1
25. Les déchets solides : *ni vus, ni connus* 25-1
26. La modification de l'habitat : *un équilibre à trouver* 26-1

Partie V Conclusion
27. Le développement durable : *vivre dans une écosphère limitée* 27-1

Glossaire xiii

Unités de mesure xxiv

Index xxv

L'environnement constitue pour nous le seul système entretenant la vie, le seul milieu dans lequel nous puissions vivre. Or, au seuil du XXI^e siècle, certains indices révèlent que nous mettons ce milieu en péril.

Dans le Plan vert du Canada, rendu public en décembre 1990, le gouvernement canadien s'engage fermement à « assurer aux générations présentes et futures un environnement sûr et sain et une économie forte et prospère ». Il reconnaît en outre qu'une information fiable et pondérée est la clé de voûte d'une conscience et d'une gestion écologiques garantissant la survie du patrimoine naturel, économique et culturel du Canada.

Le Canada, comme bien d'autres pays, a mis en œuvre un programme de production de rapports sur l'état de l'environnement à l'intention des Canadiens qui s'intéressent à la question. Ce programme comprend des feuillets d'information, des rapports spéciaux, des bulletins, des indicateurs environnementaux, une base de données et des rapports nationaux quinquennaux.

Ces produits sont le fruit du partenariat toujours plus solide qui unit les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, l'industrie privée, les universités, les organismes non gouvernementaux et des particuliers. L'environnement étant touché par les décisions et les activités de tous les niveaux de la société, il est essentiel que tous les intervenants aient accès aux dernières évaluations environnementales ainsi qu'à de l'information fiable et à jour et qu'ils puissent partager leur expérience et leurs connaissances.

Les rapports sur l'état de l'environnement visent à fournir aux Canadiens une analyse et une interprétation rigoureuses et objectives des données sur les grandes tendances et les phénomènes d'importance pouvant se manifester dans l'environnement. Il est tout aussi important d'expliquer les causes de ces tendances et de décrire les mesures prises pour préserver et mettre en valeur le milieu naturel.

Le présent rapport national n'est qu'une pierre dans l'édifice de connaissances qu'il nous faut bâtir pour arriver à comprendre l'environnement et le rôle de gardien de la nature que nous pouvons remplir. Plus nous serons conscients de l'état de cette source vitale, plus nous serons déterminés à la protéger par des décisions et une gestion éclairées.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires au sujet des rapports sur l'état de l'environnement, prière d'écrire à l'adresse suivante :

Rapport sur l'état de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Du microcosme que l'on trouve dans une goutte d'eau d'un étang à l'écosphère qui entretient la vie, rien n'existe isolément. Chaque espèce de la Terre interagit, directement ou indirectement, avec son milieu, avec l'air, l'eau, la terre et le biote qui l'entourent et assurent sa subsistance dans un réseau vivant unique.

Toutefois, au cours des dernières décennies, les recherches scientifiques ont révélé que les activités humaines entraînaient la dégradation de ce réseau. Partout dans le monde, la population humaine en croissance consomme des ressources et produit des déchets à un rythme sans précédent et mine la santé de la planète. Des taux accélérés de déboisement, de désertification, d'érosion des sols, d'appauvrissement de la couche d'ozone dans la haute atmosphère et de changement climatique, sans compter les concentrations toujours plus grandes de contaminants dans l'air et dans l'eau, telles sont quelques-unes des façons dont les activités humaines réduisent la capacité de la Terre d'entretenir non seulement notre propre subsistance mais celle de millions d'autres espèces avec lesquelles nous partageons cette planète fragile. Il y a moins d'une génération seulement que nous avons réellement commencé à prendre conscience de la gravité de cette crise, et la plupart des indices relevés pendant cette courte période portent à croire que la situation s'aggrave. Selon Gro Harlem Brundtland, présidente de la Commission mondiale des Nations Unies sur l'environnement et le développement : « Si nous n'arrivons pas à faire passer notre message aux parents et aux dirigeants d'aujourd'hui, nous risquons fort de miner le droit fondamental de nos enfants à vivre dans un environnement enrichissant et vivifiant. »

Reconnaissant que les décideurs ont besoin de données tant sur l'environnement que sur l'économie, la Commission mondiale sur l'environnement et le développement a demandé instamment aux nations du monde de produire des rapports sur l'environnement qui serviraient de complément à leurs énoncés traditionnels de politique fiscale, à leurs budgets et à leurs plans de développement économique. Au Canada, le Groupe national de travail sur l'environnement et l'économie, composé de ministres de l'Environnement — dont le ministre fédéral —, de cadres supérieurs de l'industrie canadienne ainsi que de représentants d'organismes écologiques et des milieux universitaires, a également recommandé la production de rapports sur l'état de l'environnement pour en faire des instruments du processus décisionnel.

Le présent document est le deuxième rapport national sur l'état de l'environnement au Canada. Le premier, publié en 1986, est principalement l'œuvre de deux personnes, Peter M. Bird d'Environnement Canada et David Rapport de Statistique Canada. La deuxième édition du compendium de renseignements produit par Statistique Canada sur l'environnement, intitulé *Activité humaine et l'environnement*, a été rendue publique au même moment. Cette publication, dont la troisième édition est parue en octobre 1991, renferme des informations fiables sur la population, l'environnement et les activités socio-économiques au Canada, qui sont présentées d'une façon systématique et appropriée à l'analyse de l'environnement. En décembre 1986, le gouvernement fédéral a autorisé Environnement Canada et Statistique Canada à établir un système permanent de rapports sur l'état de l'environnement, avec l'appui d'autres organismes gouvernementaux. Cette décision a été suivie, en 1988, de l'adoption de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* en vertu de laquelle le gouvernement canadien est tenu de « mettre à la disposition de la population du Canada l'information sur l'état de l'environnement canadien ».

D'autres organismes fédéraux renseignent également le public canadien sur les questions environnementales relevant de leurs compétences respectives. Par exemple, en avril 1991, Forêts Canada a publié son premier rapport annuel sur l'état des ressources forestières du Canada et sur la contribution de ces ressources à l'économie. Pour sa part, Santé et Bien-être social Canada prévoit rendre public, au printemps 1992, un rapport traitant de l'exposition des Canadiens aux contaminants du milieu, des effets de cette exposition sur la santé et de ce qui est fait aux échelons local, national et international en regard de ces préoccupations.

En 1988, avec *L'environnement au Québec – un premier bilan*, le Québec est devenu la première province à publier son propre rapport détaillé sur l'état de l'environnement. Un deuxième bilan est prévu pour 1992. Le Manitoba et la Saskatchewan ont fait paraître leur premier rapport en 1991. Comme par le passé, les quatre provinces de l'Atlantique collaborent avec Environnement Canada à la production d'un troisième rapport sur l'état de l'environnement dans la région de l'Atlantique. Les deux premiers rapports avaient été publiés par Environnement Canada en 1979 et en 1985.

Dès 1988, Environnement Canada a commencé à planifier le deuxième rapport national sur l'état de l'environnement en consultation étroite avec le Comité consultatif public, dont les dix membres représentent les industries des ressources, les consommateurs, les organismes écologiques et les universités. Le rapport de 1986 a d'abord été évalué, ce qui a supposé sept examens commandés, un relevé auprès d'un groupe restreint d'utilisateurs et une rétroaction informelle venant de nombreuses sources.

Par suite de cette évaluation et d'autres consultations, il a été décidé que le rapport traiterait de quatre grandes questions :

- Que se passe-t-il dans l'environnement au Canada?
- Pourquoi en est-il ainsi?
- Pourquoi est-ce important?
- Que font les Canadiens à cet égard?

Devant le défi que posait l'établissement d'un diagnostic général de la qualité de l'environnement dans l'ensemble du Canada — une superficie de près de 10 millions de kilomètres carrés — à partir de données fort nombreuses (et d'utilité variable), le ministère et le Conseil consultatif public se sont entendus sur le contenu du rapport, dont voici les grandes lignes :

La première partie (chapitre 1) traite des perceptions de l'environnement et des dangers inhérents à notre tendance à considérer le monde en fonction de modèles économiques humains. La deuxième partie (chapitres 2 à 14) se penche sur l'état de composantes données de l'environnement (l'air, l'eau, la terre et les espèces sauvages) et examine les principaux secteurs d'activité humaine (p. ex., les pêches, l'agriculture, la foresterie et les ressources minières) exploitant ces composantes ou influant sur elles. La troisième partie (chapitres 15 à 20) présente six études de cas régionaux qui, collectivement, reflètent jusqu'à un certain point la gamme des problèmes environnementaux du pays. La quatrième partie (chapitres 21 à 26) aborde six importants dossiers environnementaux qui préoccupent particulièrement les Canadiens à l'heure actuelle et qui vont des produits chimiques toxiques aux agressions que subissent les habitats fauniques. Enfin, la cinquième partie (chapitre 27) présente une analyse de la notion de développement durable et de certaines de ses implications quant à l'avenir du Canada.

Ce plan ambitieux a été étoffé par des auteurs choisis en fonction de leurs connaissances et de leur expérience dans un domaine particulier de la science environnementale. Collectivement et individuellement, ils représentent une ressource canadienne impressionnante. Les auteurs de chacun des chapitres et les autres experts qui ont révisé et amélioré les versions préliminaires de ces chapitres viennent du milieu universitaire, de sociétés privées d'experts-conseils, de groupes écologiques, de l'industrie et de nombreux organismes des gouvernements fédéral et provinciaux. Le produit final représente une gamme variée d'expertises individuelles et institutionnelles.

Souvent, comme en fait foi la liste des collaborateurs, la rédaction d'un chapitre a évolué de telle sorte qu'elle a donné lieu à une collaboration fructueuse entre plusieurs intervenants. Il était donc inévitable (et sain) que des points de vue différents ressortent des textes des divers auteurs. C'est en toute conscience que l'on a tenu compte de ces perspectives divergentes, avec la conviction que la diversité perceptible dans le produit final constituerait un survol plus équilibré de l'état de l'environnement au Canada. On n'a pas tenté d'attribuer une « cote » aux progrès accomplis dans chacun des domaines traités. Vu la complexité des questions et des réponses, on a jugé qu'un tel procédé serait trop subjectif et trop simpliste.

Le sujet traité comportait ses propres difficultés. Les écosystèmes sont fondamentalement complexes et dynamiques et ne se prêtent pas à une évaluation facile et rapide. Le présent rapport a été compilé à partir de documents venant de nombreuses sources. Par conséquent, il n'existait pas toujours de norme courante permettant de faire des comparaisons ou des interprétations valables. Une autre complication venait du fait que les experts sont rarement unanimes sur de nombreux problèmes environnementaux touchant l'ensemble de la planète, notamment le changement climatique, l'appauvrissement de l'ozone ou les effets des contaminants toxiques sur les espèces sauvages et les humains. Les études portant sur un sujet donné et menées par l'industrie, les gouvernements, les organismes non gouvernementaux et les institutions d'enseignement peuvent différer grandement sur le plan des objectifs visés, de la méthode utilisée et des conclusions. C'est pourquoi il est difficile de choisir et d'interpréter des données et des renseignements de façon objective et équilibrée.

Le présent rapport fait état des données sur des indicateurs environnementaux clés lorsque celles-ci existent (p. ex., les émissions de dioxyde de carbone reliées à la consommation d'énergie au Canada, les concentrations de contaminants dans les œufs d'oiseaux de mer et la consommation quotidienne d'eau par chacun des ménages canadiens). Dans d'autres domaines, l'étude de l'état de l'environnement a permis de mettre au jour des lacunes et des incohérences dans les données et les renseignements disponibles sur l'environnement, et celles-ci ont été soulignées dans le texte au besoin. En outre, ces dernières années, un groupe de travail multidisciplinaire a répertorié un ensemble d'indicateurs et, en janvier 1991, *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada* a été publié par Environnement Canada. D'ici 1996, année de la parution du troisième rapport national sur l'état de l'environnement, il est à espérer que ces indicateurs auront été améliorés et qu'ils serviront de repères grâce auxquels on pourra connaître rapidement les conditions et tendances à long terme de l'environnement au Canada.

De nombreux sondages effectués partout au pays ces dernières années ont révélé l'un après l'autre que beaucoup de Canadiens n'ayant aucune formation scientifique sont néanmoins grandement préoccupés par l'état de l'environnement. Cet intérêt peut se fonder sur des motifs personnels, communautaires, professionnels ou commerciaux. Dans de nombreux cas, toutefois, le public ne connaît pas bien le langage et les notions scientifiques. Ce rapport a donc pour but non seulement de décrire les problèmes environnementaux dans un contexte canadien mais aussi de fournir aux profanes un guide facile à consulter sur les principales tendances de l'environnement, sur les liens entre ces tendances et les activités humaines,

et sur les réponses du Canada à la dégradation de l'environnement.

Un effort consciencieux a été fait, lors de la rédaction et de la révision des chapitres, pour éviter le jargon bureaucratique. Les notions environnementales et les termes techniques ont été expliqués, au besoin, dans le texte, dans les notes en bas de page ou dans le glossaire. Les symboles des unités de mesure utilisées sont expliqués dans un tableau apparaissant vers la fin du rapport. Des renseignements d'importance clé sont également présentés dans plusieurs centaines de figures, cartes et tableaux, et le tout est regroupé dans un index. Les chapitres peuvent être lus indépendamment les uns des autres, bien que des renvois aux divers chapitres aient été inclus.

Au fur et à mesure de l'élaboration de chaque chapitre, les versions préliminaires étaient lues par le personnel s'occupant des rapports sur l'état de l'environnement ou travaillant auprès d'autres organismes. Après cette relecture, chaque version préliminaire était soumise à des experts externes et à des membres du Comité consultatif public avant d'être remise à des rédacteurs professionnels chargés d'apporter les dernières corrections au style. Les auteurs avaient ensuite l'occasion de vérifier et d'approuver le manuscrit définitif. La révision, la traduction, le graphisme, la composition et toute une gamme d'autres tâches reliées à la production ont été orchestrés de façon que le rapport puisse être publié à la date voulue. Le produit final est un témoignage des efforts de plus d'une centaine de personnes ayant participé directement au projet et d'un plus grand nombre encore ayant apporté un soutien technique.

En tant que résumé de l'état de l'environnement au Canada, ce rapport a des limites. Les lacunes dans les données et les différences dans l'interprétation de ces données sont suffisamment nombreuses pour que les lecteurs ne puissent supposer que les analyses publiées ici sont infaillibles. L'infaillibilité n'a jamais été le but à atteindre. Le rapport vise plutôt à mieux renseigner les non-spécialistes préoccupés par la qualité du milieu naturel dans lequel ils vivent afin de les aider à participer au processus public d'évaluation et de prise de décision en cours, lequel sera déterminant de l'état futur de l'environnement.

La notion de pérennité de l'environnement est présente partout dans le livre, qu'elle soit abordée ouvertement ou sous-entendue. Les dernières années du XX^{e} siècle seront d'une importance cruciale pour la santé de la planète. Des siècles d'activités humaines ont fait naître des tendances de consommation qui ne peuvent être facilement renversées et dont les répercussions sont difficiles à prévoir. Néanmoins, si nous lui en donnons l'occasion, l'écosphère a une énorme capacité d'autoguérison et de récupération. L'importance d'adopter des valeurs qui assureront le maintien de la Terre et de ses ressources, tel est l'ultime message de ce rapport.

La production d'un rapport de cette portée et de cette complexité aurait été impossible sans la créativité et la collaboration d'un grand nombre de personnes et d'organismes.

Notre profonde reconnaissance va aux nombreux experts qui ont écrit, seuls ou en équipe, les 27 chapitres de ce rapport. Le nom des personnes et des organismes ayant contribué à la rédaction du rapport est précisé à la fin de chaque chapitre. Ce sont les connaissances scientifiques de toutes ces personnes et leur expérience dans l'interprétation des données sur l'environnement qui constituent le fondement même de cette évaluation de l'état de l'environnement. Cette participation si nombreuse de gens de tout le pays est l'un des aspects importants et distinctifs de ce document. Pour conférer au rapport une envergure véritablement nationale, nous avons fait appel aux points de vue et à l'expertise de professeurs universitaires, de représentants du secteur privé, de dirigeants de groupes écologiques et de spécialistes des services gouvernementaux. Sans leurs connaissances, leur expérience, leur patience et leur enthousiasme, le présent rapport n'aurait pu voir le jour.

C'est le Comité consultatif public sur l'état de l'environnement qui a défini le cadre conceptuel et la forme générale du rapport. Ce comité, qui regroupe 15 experts représentant les industries, les consommateurs, les organismes écologiques et les milieux universitaires de tout le pays, a été créé en1988 et veille depuis lors à l'orientation stratégique du projet. Ses membres ont examiné un certain nombre de manuscrits et produit près de 40 analyses de fond sur les 27 chapitres du document. Nous aimerions exprimer notre reconnaissance à tous les membres du comité, anciens et actuels :

Peter Jacobs
Université de Montréal
Faculté de l'aménagement
École d'architecture du paysage
Montréal (Québec)
Présidence : 1989–1991

Ian Burton
Université de Toronto
Directeur, International Federation of Institutes for Advanced Study
Toronto (Ontario)
Présidence : 1988–1989

Raymond Brouzes
Alcan Aluminium Ltée
Montréal (Québec)

Hugh Eisler
Stelco Inc.
Hamilton (Ontario)

Daniel Green
Société pour vaincre la pollution
Montréal (Québec)

Janice Harvey
Conseil de conservation du Nouveau-Brunswick
Fredericton (Nouveau-Brunswick)

Susan Holtz
Experte-conseil
Ferguson's Cove (Nouvelle-Écosse)

Fred Hutcheson
Membre de l'Association des consommateurs du Canada
Saint-Jean (Terre-Neuve)

Colin Johnson
General Chemical Canada Ltd.
Amherstburg (Ontario)

John Lilley
Société canadienne des biologistes de l'environnement
Sherwood Park (Alberta)

David Love
Fonds mondial pour la nature Canada
Toronto (Ontario)

Tim Oke
Université de la Colombie-Britannique
Vancouver (Colombie-Britannique)

William Rees
Université de la Colombie-Britannique
Vancouver (Colombie-Britannique)

Judy Smith
Torrie Smith Associates
Orleans (Ontario)

Peter Victor
VHB Research and Consulting Inc.
Toronto (Ontario)

Un grand nombre de collègues et de confrères du gouvernement fédéral, de divers organismes provinciaux et territoriaux, du secteur privé et des groupes écologiques ont apporté leur contribution concrète et précieuse à la production du rapport. Mentionnons en particulier, au sein de l'organisation fédérale, Affaires indiennes et du Nord Canada, Agriculture Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada, Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Santé et Bien-être social Canada et Statistique Canada. La bonne volonté a toujours été présente, même si la production des manuscrits, s'ajoutant à une charge déjà lourde, a représenté un long labeur. Des divergences de vues fondées sont apparues, tant sur le plan scientifique que méthodologique, et il n'a pas toujours été possible de parvenir à un consensus. Néanmoins, cette diversité a enrichi non seulement le rapport même, mais aussi tout le processus d'élaboration préalable. Nous exprimons notre reconnaissance à tous nos collègues du gouvernement fédéral qui ont, à des titres divers, apporté leur concours à cette entreprise.

En complément aux analyses du Comité consultatif public, nous avons fait faire à l'externe, 60 autres évaluations par des pairs dont l'autorité en la matière est reconnue. Les évaluations des services fédéraux ont été encore

plus nombreuses. Dans bien des cas, elles ont été assurées par courtoisie professionnelle ou à titre de contribution personnelle à ce projet. Sans exception, tous ces experts ont soumis des critiques constructives et de nouveaux éléments qui ont donné un meilleur éclairage et un nouvel équilibre au texte. À tous, nos remerciements les plus sincères.

Si ce rapport forme un tout plus grand que la somme de ses parties, c'est largement grâce aux coordonnateurs des chapitres. Ils ont assumé des tâches ardues consistant à élaborer les plans de rédaction préliminaires, engager des experts à contrat ou affectés à des services fédéraux pour la rédaction des chapitres, arrêter le plan général des chapitres, surveiller l'avancement des travaux, veiller à la réalisation de nombreuses et substantielles révisions du texte à tous les stades, fournir et interpréter des données scientifiques, rechercher des réviseurs scientifiques et veiller à ce que leurs commentaires soient autant que possible pris en considération et incorporés au texte, prendre les dispositions nécessaires pour l'approbation du texte définitif, collaborer au travail des rédacteurs et des traducteurs, seconder les dessinateurs dans les dernières retouches des illustrations, relire de nombreuses épreuves, vérifier des centaines de références et, en général, assurer la bonne marche du projet. Dans bien des cas, ils se sont chargés de la rédaction d'une partie du texte, avec la recherche de fond préalable, et ont conçu des illustrations pour rehausser le texte. Sous bien des aspects, le document final est l'aboutissement de plusieurs années de travail. Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance aux personnes suivantes, anciennement ou actuellement membres du personnel du Rapport sur l'état de l'environnement, pour nous avoir fait profiter de leurs connaissances scientifiques et de leurs compétences de gestionnaires et pour avoir témoigné d'une persévérance à toute épreuve:

John C. Anderson
Robert R. Audet
Paul Bircham
Patricia Hayes
John Hilborn
Harry Hirvonen
Gary Ironside
R.A. Kent
Ted Manning
Ian B. Marshall
Sheila McCrindle
Terence McRae
Darrell Piekarz
Christian Pupp
Paul Quinn
Ken Redpath
John R. Reid
Peter Rodgers
Jean Séguin
Greg Shaw
Wendy Simpson-Lewis
Tony Turner
E. Neville Ward
Ed Wiken

Paul Bircham, décédé le 25 septembre 1991, avant l'achèvement du rapport, personnifiait le vif intérêt que peut susciter l'environnement canadien, et plus particulièrement ce projet. Nous nous souviendrons tous de son enthousiasme et de son dévouement.

Fondre en un seul document 2 000 pages de texte, écrit par près de trois douzaines d'auteurs différents, représentait une tâche très complexe. Les rédactrices principales, Susan Burns, réviseure scientifique principale, Service canadien de la faune, Environnement Canada (Ottawa), et Marla Sheffer, rédactrice (Orléans, Ontario), en collaboration avec Raymonde Lanthier, réviseure (Repentigny, Québec), ont travaillé avec une équipe de cinq autres rédacteurs reconnus pour leur expertise dans le domaine de l'environnement : J. Alexander Burnett, rédacteur (Sackville, Nouveau-Brunswick), David Francis, Lanark House Communications (Toronto), Patricia Logan, chef de la Division des publications scientifiques et techniques, Service canadien de la faune, Environnement Canada (Ottawa), Judy Lord, rédactrice (Ottawa) et Harry Thurston, rédacteur (Amherst, Nouvelle-Écosse). Tous ont mis en commun leurs talents pour préparer un document à la portée des profanes. Sauvegarder la rigueur du raisonnement scientifique du texte tout en adoptant un style clair et concis était une tâche plutôt délicate qui a nécessité une liaison constante avec les auteurs et les coordonnateurs des chapitres. C'est au prix d'un long et consciencieux labeur que cette entreprise a été menée à bien. Nos remerciements s'adressent à tous ceux qui ont réécrit, révisé et corrigé les nombreuses versions et épreuves du rapport.

Le terme « soutien » ne peut exprimer à leur juste valeur les efforts du personnel qui a su s'acquitter des tâches quotidiennes de traitement de texte et de secrétariat, indispensables à la préparation de ce rapport. Pendant toute la durée du projet, les textes et la correspondance connexe ont été transcrits par Odette Leblanc, Marlene Nontell, Martyne Guindon, Carole Lafleur, Susanna Erasmo, Françoise Obissier, Lynda Gravel et Donald Béland. Nous aimerions souligner ici l'infinie patience avec laquelle ils ont effectué les innombrables modifications et corrections.

Plus de 400 illustrations de qualité professionnelle ont été préparées à partir d'ébauches pour représenter sous forme visuelle des informations complexes sur les tendances observées dans l'environnement. La préparation des figures a été confiée à Neil Guy, Louise Lachapelle, Yvan Laframboise, Raymond Ménard, Liliane Primeau et Jean-Marie Viau, et coordonnée par Nicole Cardinal. Les cartes, exécutées par une équipe, sont principalement l'œuvre de Daniel Burroughs et Sylvain Hotte, sous la direction de Nicole Chartrand et de Mike Comeau. V. Neimanis, chef de la Division des systèmes d'information environnementale, a apporté une aide précieuse dans ce travail. Par leur créativité et leur assiduité, ces membres de l'équipe du Rapport sur l'état de l'environnement ont su mettre à profit leur compétence en cartographie et en informatique pour convertir en une forme accessible des ensembles de données complexes.

Nous devons à Aurèle Ouimet (Aylmer), Bernard Patenaude et Lucile Ouimet-Patenaude (Hull) l'élaboration de l'index, un précieux outil destiné à faciliter la consultation du rapport. De même, le glossaire rédigé par

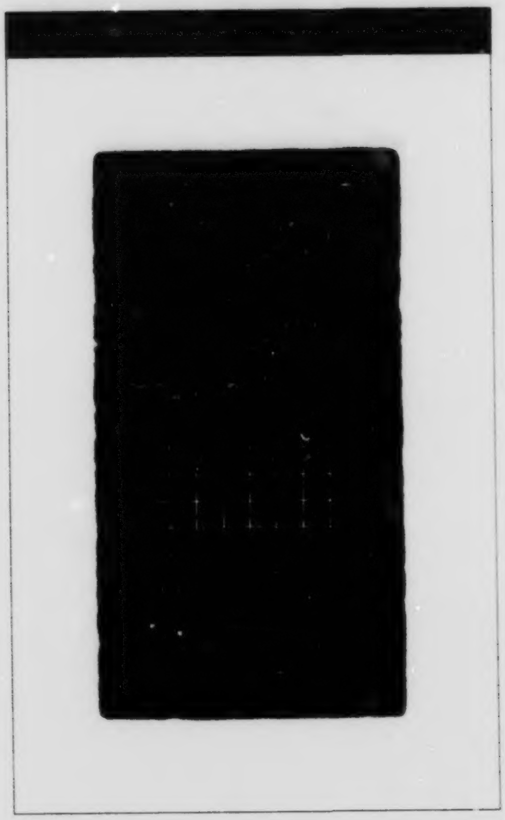
Gary Ironside et complété par Raymonde Lanthier pour la version française, devrait permettre aux lecteurs de se familiariser avec la terminologie de l'environnement.

Nous remercions l'équipe de traducteurs du Secrétariat d'État, composée de Suzanne Boulanger, Jean-Blaise Bourque, Suzanne Chartrand, Maryse Chynchuck, Marie-France Guéraud, François Lanctôt et Michèle Ledeck, et les pigistes Anne-Catherine Hatton et Suzanne Vallée. Annie Meyere a assumé la coordination des travaux, et Chantal Brunette, Danielle Corbeil, Johanne Knuepp et Line Thibaudeau, qui font partie du personnel de soutien du Secrétariat d'État, ont apporté leur aide précieuse à toute l'équipe. Des travaux de révision ont été confiés à Pierre Danis et à Michel Germain, de La société PolyScribe ltée (Ottawa), à Jean-Luc Malherbe, de la Société Ardenn Inc. (Ottawa), et à Normand Denis (Gatineau); la correction des épreuves a été effectuée par Adèle Lessard (Ottawa). Raymonde Lanthier, rédactrice principale de la version française, a été chargée de l'ensemble des travaux de révision.

La production technique a été réalisée en collaboration avec le Groupe Communication Canada (Ottawa), co-éditeur du rapport, sous la direction de Jean Lalonde, gestionnaire du projet. L'excellente qualité technique de cet ouvrage témoigne de la compétence et de l'engagement de deux entreprises commerciales. Ainsi, la conception graphique originelle du rapport est l'œuvre de Banfield-Seguin Ltd. (Ottawa), qui a également été chargé de la photocomposition et de la préparation des prêts-à-photographier à l'intérieur de délais extrêmement serrés. La maison d'édition DW Friesen & Sons Ltd. (Altona, Manitoba), dont la renommée est établie, a produit un ouvrage de qualité supérieure dans de très brefs délais.

Environnement Canada a assumé la direction générale du projet, depuis la conception jusqu'à la publication. C'est d'abord la Division de l'interprétation des données environnementales, sous l'autorité de Peter Rodgers et avec le concours du coordonnateur national Darrell Piekarz, qui a amorcé en 1986 la préparation du rapport de 1991. Pendant les trois années et demie suivantes, Paul Quinn (coordonnateur national) et Jean Séguin (responsable de la production), sous la supervision de Wendy Simpson-Lewis (chef, Division des analyses et rapports environnementaux), ont assumé la responsabilité de la préparation et de la production de *L'état de l'environnement au Canada – 1991*. Grâce à leur esprit d'équipe, à leurs connaissances sur l'environnement, à leur compétence en gestion de projets, à leur constance et à leur ténacité, ils ont su traverser les écueils et mener le projet à bon port.

Toutefois, si notre entreprise a réussi, c'est en définitive grâce à l'engagement des anciens collègues et des nouveaux collaborateurs dans un but commun : dresser, à l'intention des Canadiens, le bilan de l'état de l'environnement dans leur pays. Il est à espérer que les connaissances acquises et les partenariats qui se sont créés seront utiles dans nos actions visant à assurer un environnement sain et durable.



PARTIE I

PERSPECTIVES

1

GRACIEUSETÉ DE LA U.S. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, REHAUSSÉE PAR LE SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE, DOWNSVIEW

POINTS SAILLANTS

Les gens ont toujours eu tendance à considérer l'air, l'eau, les terres, les autres organismes et eux-mêmes comme des éléments distincts pouvant être compris séparément de l'ensemble qu'ils forment. Le terme « écosphère » évoque une vision unificatrice de la planète, une unité qui comprend tant les humains que l'environnement.

▪

L'écosphère subit de nombreuses modifications. Au Canada, les forêts et les prairies connaissent divers changements; les lacs, les rivières et les océans sont modifiés en raison d'un nombre croissant d'intérêts d'ordre récréatif, environnemental et économique; l'atmoshpère est altérée par les activités humaines et industrielles; et les sols productifs font l'objet d'une culture intensive.

▪

Aujourd'hui, les Canadiens de même qu'un grand nombre de personnes de toutes les régions du monde reconnaissent de plus en plus les liens étroits unissant les activités humaines, environnementales et économiques. La reconnaissance de ce contexte écosystémique a été à la base des projets internationaux visant à promouvoir le développement durable.

▪

La notion de développement durable implique qu'un environnement sain est essentiel à une économie forte et prospère. La société, l'économie et l'environnement forment donc les éléments vitaux d'un système leur permettant de s'appuyer mutuellement, tant à l'heure actuelle qu'à l'avenir.

▪

Au Canada, les scientifiques et les spécialistes ont contribué à l'élaboration d'un système de classification écologique conçu en fonction des besoins de ceux qui cherchent à comprendre et à gérer des écosystèmes globaux plutôt que des caractéristiques environnementales données (p. ex., les arbres, la faune). Ce système comprend des niveaux de généralisation des écosystèmes allant de vastes écozones à des écoéléments propres à un site.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 1-3
Écosphère, environnement et écosystème . . . 1-4

La coévolution mondiale . . . 1-5

Les processus mondiaux et les interventions humaines . . . 1-8
Le cycle du phosphore . . . 1-8
Le cycle de l'eau . . . 1-9
Les ressources et les cycles . . . 1-9

Le Canada et les objectifs mondiaux . . . 1-10
L'énergie . . . 1-11
La technologie et la population . . . 1-11

Les écozones et les activités humaines . . . 1-13
Le Haut-Arctique . . . 1-14
Les zones maritimes de l'Atlantique et du Pacifique . . . 1-14
Les Prairies . . . 1-14
Les plaines à forêts mixtes . . . 1-15
Le Bouclier boréal et les plaines boréales . . . 1-15

La conservation . . . 1-16

Pour une économie repensée . . . 1-16

Gérer les écosystèmes ou s'autogérer? . . . 1-17

Et maintenant... . . . 1-18

Ouvrages cités . . . 1-18

Pour de plus amples renseignements . . . 1-19

Remerciements . . . 1-19

Liste des encadrés

1.1 Le système de classification écologique du territoire . . . 1-13

Liste des figures

1.1 La Terre vue de la Lune . . . 1-4
1.2 Évolution des formes de vie complexes à partir des bactéries . . . 1-6
1.3 Vue d'ensemble de cinq formes fondamentales de gestion de l'environnement . . . 1-7
1.4 Les écozones du Canada . . . 1-12

> « Passagers d'un petit vaisseau spatial, nous voyageons ensemble, dépendants de son air et de ses sols vulnérables... épargnés de l'anéantissement par les soins, les efforts et, j'ose dire, l'amour dont nous entourons notre fragile vaisseau. »
>
> Adlai Stevenson,
> cité dans Fabun, 1967

INTRODUCTION

La richesse des différents pays du globe est étroitement associée à l'environnement mondial. Le Canada est considéré comme l'un des pays les plus riches du monde, ce qui signifie que l'environnement a été très généreux à notre égard. Jusqu'à ce jour, nous avons connu une grande prospérité économique, mais avons-nous pleinement rendu justice à la source de cette prospérité? Comment utilisons-nous, entretenons-nous et traitons-nous cette vaste étendue de la planète soumise à notre influence politique et à notre autorité? Puisons-nous dans le capital écologique du pays dans le seul but de réaliser des profits à court terme, laissant aux générations à venir le soin de panser les plaies d'un mal plus durable?

Ce second rapport quinquennal sur l'état de l'environnement au Canada fait le point sur la situation du deuxième plus grand pays du monde. Les divers auteurs examinent une variété d'activités qui influent sur les ressources du milieu et les écosystèmes, et évaluent les conséquences réelles ou probables à long terme des décisions et des réalisations humaines.

En raison du vaste intérêt que suscitent le développement durable et la gestion écosystémique, ce chapitre dépasse quelque peu le cadre habituel d'une introduction. En plus de situer les chapitres subséquents traitant des nombreux aspects de l'environnement au Canada, il explore certaines des théories, idées et points de vue entourant « notre environnement » et met en lumière diverses considérations qui ont peut-être besoin d'être examinées afin de comprendre ce monde complexe dans lequel nous vivons, l'écosphère, qui sera définie plus loin. Il est probable que nous ne parviendrons jamais à en saisir toutes les facettes, mais il semble important d'essayer. Ce faisant, nous reconnaîtrons peut-être nos propres limites et notre manque de connaissance de la complexité du monde vivant.

Quels sont les liens écologiques qui unissent les habitants de la Terre, les activités humaines et les autres ressources de la planète? Nous partageons notre espace vital avec des millions d'espèces végétales, animales et microbiennes, toutes issues de la même poussière d'étoile et composées de la même matière organique. Toutefois, contrairement aux autres organismes, nous avons acquis une telle puissance que nos activités quotidiennes influent considérablement non seulement sur notre continent mais sur le monde entier. La pureté de l'atmosphère dépend des carburants et des combustibles que nous brûlons dans nos voitures et nos usines. Celle des eaux douces et salées est tributaire des déchets que nous rejetons dans les cours d'eau, les lacs et les océans. Enfin, la vitalité des plantes et des animaux ainsi que la valeur nutritive des aliments que nous tirons de ceux-ci dépendent, dans une large mesure, de la façon dont nous gérons et exploitons les sols.

Le bien-être de l'humanité est fonction de la santé des écosystèmes, car le corps humain, tout comme l'industrie, a besoin de prélever et de digérer des éléments du monde extérieur pour survivre. Lorsque la qualité de l'environnement se détériore, nous nous en ressentons et notre économie aussi. L'existence même de ce simple lien a souvent été ignorée, mais elle est désormais reconnue.

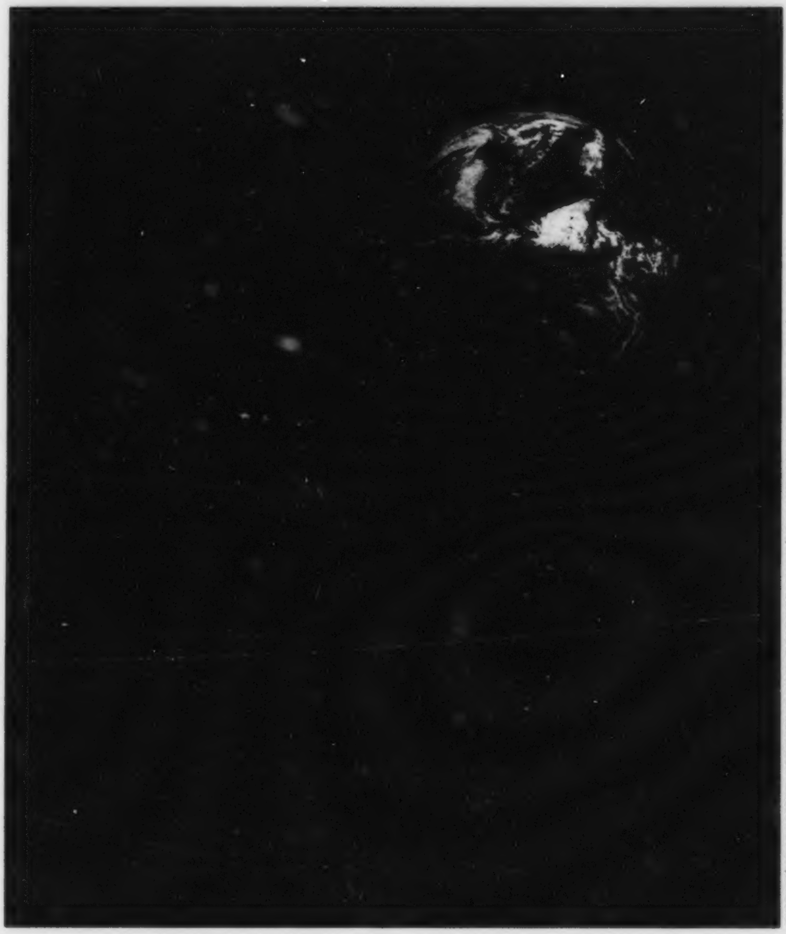
Jusqu'au milieu du XX^e^ siècle, l'être humain a accordé peu d'importance à la planète Terre en tant qu'unité écologique, car il n'en possédait qu'une connaissance de l'intérieur. Vue sous cet angle, toute chose apparaissait distincte et indépendante : les roches, les sols, les arbres, les animaux, les gens, les eaux, les nuages, les villes. Notre expérience était fragmentaire. Notre perspective étant faussée, nous étions privés d'une vue globale qui nous aurait révélé la Terre dans son unité et dans sa totalité.

Confinés à une portion bien définie de la surface de la Terre, les détails nous ont empêchés de voir l'ensemble de la création. En l'absence d'une vue plus globale qui nous aurait montré que l'être humain participe à l'organisation plus vaste de la nature, nous avons inventé une réalité apparemment sensée et nous avons commencé à l'étudier fragment par fragment. Nous avons désigné « notre environnement » en

FIGURE 1.1

La Terre vue de la Lune

Grâce aux images de la Terre prises de l'espace, les êtres humains ont une nouvelle vision de l'unité de l'écosphère.



GRACIEUSETÉ DE LA U.S. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION; REHAUSSÉE PAR LE SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE, DOWNSVIEW

fonction de ses éléments les plus apparents et utiles, soit l'air, l'eau, la terre, les forêts, les champs agricoles et les autres ressources, sans nous douter que chacun est intimement lié aux autres et à l'être humain. Nous avons appelé le tout « notre patrimoine », sans comprendre que, en fait, nous faisions partie de ce patrimoine.

Les photographies exceptionnelles de la Terre prises durant la mission Apollo ont bouleversé notre conception traditionnelle de l'univers. Ces images ont présenté une vision plus réaliste, une vision de l'extérieur qui montrait une sphère dynamique et d'une grande beauté, recouverte d'océans et de continents et encerclée de volutes de nuages (figure 1.1). Elles révélaient hors de tout doute que l'être humain faisait partie d'une unité plus vaste. Ce que, dans notre égocentrisme, nous avions désigné comme « notre environnement » se révélait dans son intégralité : un système animé propice au développement de l'espèce humaine parmi tant d'autres.

Aujourd'hui, nous devons harmoniser ces deux visions du monde, l'ancienne et la nouvelle. Chacune véhicule une idée différente de ce que nous sommes, de l'endroit où nous vivons et de ce que nous faisons. À leur tour, ces idées façonnent notre sens des valeurs, notre perception de ce qui est précieux et digne d'être protégé. Dans la première vision, celle de l'intérieur, l'être humain revêt une importance primordiale tandis que le reste de la création est pratiquement négligeable. Dans la deuxième, celle de l'extérieur, l'être humain fait partie d'une réalité plus vaste, « l'écosphère », qu'il convient de définir par rapport aux termes « environnement » et « écosystème », qui sont plus courants.

Écosphère, environnement et écosystème

Aujourd'hui, la plupart des gens reconnaissent l'importance des mots et de leur signification. En effet, les mots peuvent orienter, en bien ou en mal, nos pensées et nos actions. Des temps nouveaux requièrent des *mots nouveaux* qui traduisent de nouvelles notions.

Le terme « écosphère » est composé des mots « écosystème » et « biosphère » (Cole, 1958; Rowe, 1961) et désigne l'écosystème planétaire formé de l'atmosphère, de la lithosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère (ce dernier terme désignant l'ensemble des organismes vivant sur la Terre), qui sont des éléments indissociables. La surface de la planète est considérée comme un système vivant intégré et non comme une succession de couches gazeuses, liquides et solides distinctes. L'idée principale sous-jacente au mot « écosphère » est son unité depuis le début des temps. Le monde du vivant n'est pas constitué d'éléments— roches, sols, sédiments, eau, air et organismes — séparés les uns des autres. Au contraire, ces éléments ont évolué de façon *interactive* durant les 4,6 milliards d'années de l'histoire de la Terre.

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement définit l'environnement comme étant le système biophysique externe dans lequel vivent les êtres humains et d'autres organismes. Ce terme peut s'appliquer à tout ce qui entoure et influence les organismes,

mais il ne faudrait toutefois pas oublier que la distinction que nous avons établie entre les termes « organismes » et « environnement » ne correspond pas à une division du monde réel. L'intégration de ces deux composantes se traduit par « écosystème ».

LA COÉVOLUTION MONDIALE

Étudier l'histoire de la Terre, c'est aussi améliorer notre connaissance de l'humanité en tant que partie intégrante de l'environnement terrestre. Les ressources vivantes, notre existence même, sont des expressions mystérieuses de la force organisatrice de la planète. Dans un sens, l'écosphère apparaît comme le prolongement de l'être humain. En racontant son évolution, nous racontons également la nôtre.

Selon les cosmologistes, la naissance de l'univers remonte à 15 milliards d'années, mais « notre » Terre est apparue il y a seulement 4,6 milliards d'années, par suite de l'explosion d'une étoile agonisante. Les divers cycles de la formation de l'étoile, puis l'implosion qui a précédé son explosion (supernova) ont fusionné des particules chargées, lesquelles ont produit les atomes et les éléments légers et lourds qui composent le système solaire. Fait prodigieux, la beauté et la complexité du monde actuel ont surgi de ce chaos initial lors de temps immémoriaux. Dans l'écosphère, les résultats de la diversification et de l'harmonisation des forces de la nature, à l'œuvre depuis l'aube des temps, sont nettement visibles. L'espèce humaine est l'un de ces résultats, peut-être un peu moins bon que prévu (Mungall et McLaren, 1990). D'une façon ou d'une autre, à partir de simples matériaux, l'écosphère créatrice a engendré des millions d'organismes différents, tous fondamentalement interdépendants, et a assuré leur subsistance (figure 1.2). Notre propre corps est la preuve vivante des tendances symbiotiques de la vie : il est un assemblage organique de cellules provenant des minéraux, de l'eau et de la lumière solaire.

Si nous pouvions condenser l'histoire de la Terre depuis son origine sur une bande vidéo de dix minutes, nous verrions s'estomper puis disparaître les distinctions que nous faisons entre la vie organique et la vie inorganique, entre l'air, l'eau, le sol, les bactéries, les plantes et les animaux, entre l'être humain et le reste de la création. L'écosphère en évolution serait perçue comme une unité dont les éléments changent, se diversifient et deviennent de plus en plus complexes. Cette vision d'un ensemble organique en évolution a amené diverses personnes à considérer la planète elle-même comme un être dynamique (Lovelock, 1988).

Considérons l'atmosphère de la Terre. D'après tous les indices que nous possédons, l'atmosphère est composée depuis des millions d'années d'un mélange singulier riche en azote et en oxygène réactif mais pauvre en dioxyde de carbone. L'oxygène est un gaz qui se combine facilement à d'autres éléments, mais sa teneur s'est néanmoins stabilisée autour de 21 % durant les 200 derniers millions d'années au moins. Toutefois, au cours des 200 dernières années, les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre ont augmenté de 25 % par rapport à celles des 160 000 années précédentes (voir le chapitre 2). Si cette tendance se maintient, qu'adviendra-t-il de la vie sur la Terre?

De grandes leçons peuvent être tirées de l'histoire de la Terre, des arrêts et des reprises de son évolution et de leurs causes probables. L'étude des documents fossiles des 600 derniers millions d'années révèle qu'il y a eu au moins cinq grandes extinctions massives d'espèces animales et végétales, bien que certains paléontologues soient d'avis que ces extinctions se produisent tous les 25 à 30 millions d'années. D'après les preuves recueillies, ces extinctions résultent de cataclysmes causés par l'impact d'objets extraterrestres, dont les effets imprévus et sans précédent ont été ressentis par l'ensemble du système. Certains organismes, adaptés aux régimes climatiques normaux dans les océans ou sur la terre ferme, n'ont pu survivre. D'autres, plus résistants mais moins florissants jusqu'alors, ont eu soudain l'occasion unique d'occuper les niches laissées vacantes (Kaufman et Mallory, 1987; Gould, 1989).

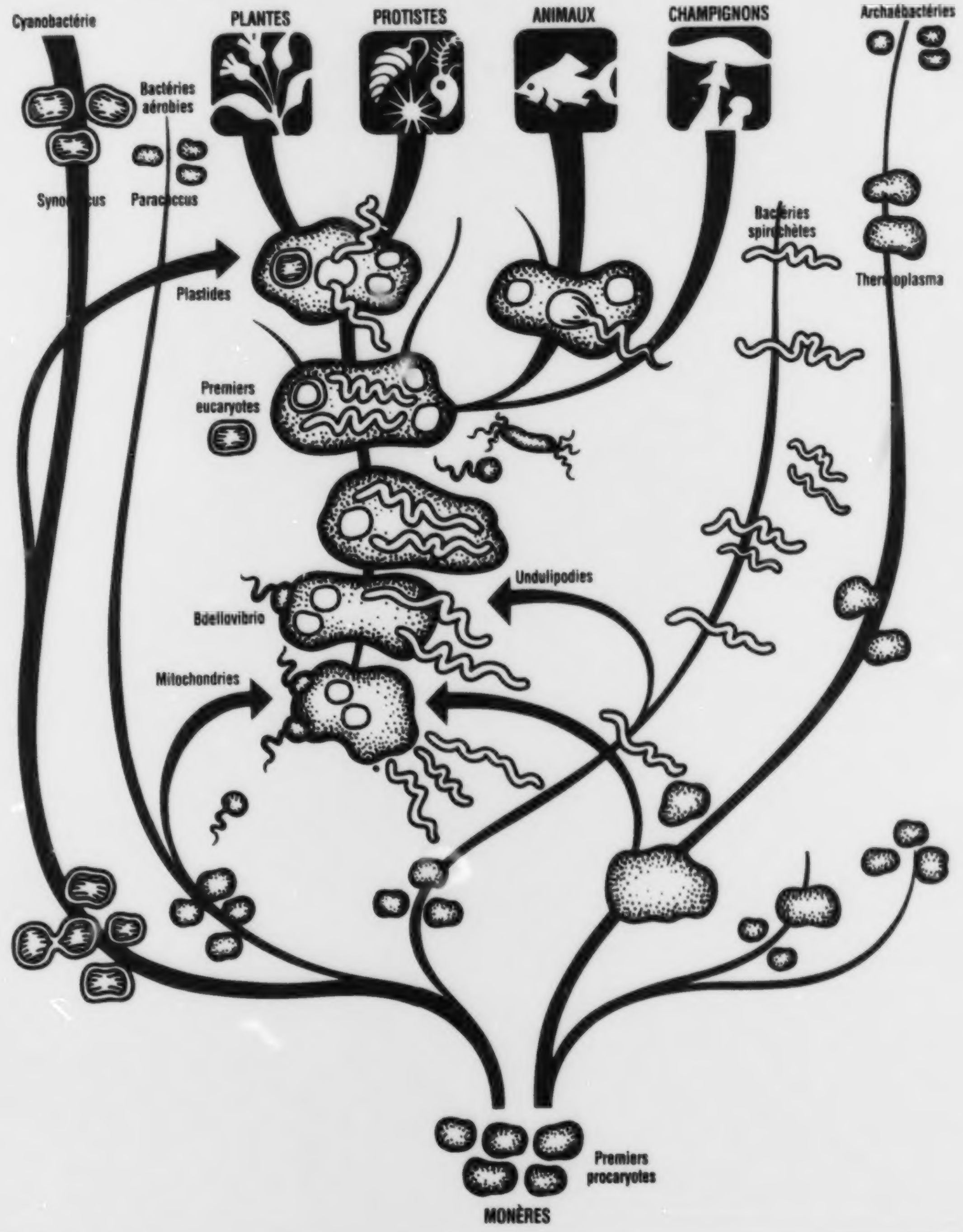
L'extinction massive qui s'est produite à la fin du Crétacé, il y a 65 millions d'année, a également éliminé de nombreux organismes, mis fin à la dynastie des dinosaures et probablement favorisé la diversification des mammifères. N'eut été de la chute d'un gros astéroïde dans la région des Caraïbes (événement final présumé), notre potentiel humain serait peut-être encore inexploité et toujours emprisonné dans les chromosomes et les gènes des premiers mammifères : de petits animaux semblables à des musaraignes et à des lémuriens, se cachant dans les arbres et les broussailles, la nuit, pour échapper aux dinosaures particulièrement florissants. Les humains et les mammifères ont peut-être été les bénéficiaires de cette extinction massive, les grands gagnants du plus récent tirage au sort, non parce qu'ils possédaient des qualités exceptionnelles, mais parce qu'ils se sont trouvés, par hasard, au bon endroit et au bon moment.

Il est possible d'affirmer que, grâce à notre intelligence, nous pouvons prévoir et prévenir. Désormais, l'évolution humaine n'est plus strictement d'ordre biologique et ne dépend pas des changements ou des mutations génétiques. Elle est surtout culturelle et tributaire de l'évolution des idées et des convictions. La dégradation de l'écorce terrestre, rongée par les activités humaines nuisibles à l'environnement partout dans le monde, résulte non seulement de la pression démographique mais aussi de l'évolution des idées. Les grandes mutations susceptibles de rendre la génération actuelle différente des précédentes et d'empêcher les catastrophes futures et les extinctions massives existent peut-être déjà dans l'esprit de grands penseurs et dans des initiatives éclairées. De nouvelles idées sur la nature et le rôle de l'être humain émergent de plus en plus, prêtes à remplacer les anciennes convictions maintenant démodées.

FIGURE 1.2

Évolution des formes de vie complexes à partir des bactéries

Les organismes ont tous évolué à partir des mêmes cellules. Bien qu'ils puissent être groupés dans cinq règnes — plantes, animaux, champignons, protistes (organismes unicellulaires possédant des caractères végétaux et animaux) et monères (bactéries) —, ils ont un ancêtre commun.



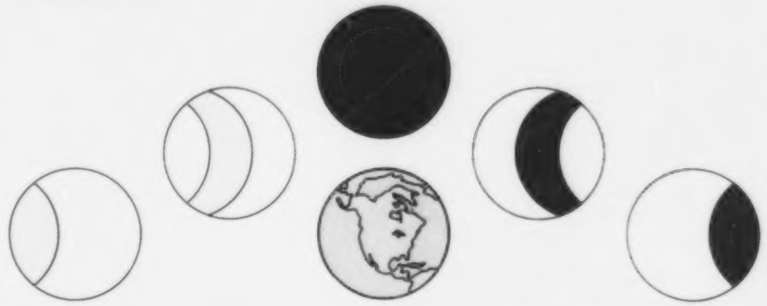
Source : D'après un schéma de Laszlo Meszoly.

Au cours des cent dernières années, nous avons géré les écosystèmes de différentes façons. Le World Resources Institute (Colby, 1990 ; Mathews, 1992) a passé en revue ces diverses méthodes, mettant en lumière celles qui se sont avérées économiquement et techniquement pratiques, écologiquement nécessaires et politiquement réalisables. La figure 1.3, qui est un résumé de la description qui suit, constitue une adaptation du cadre de cet institut.

Jusqu'au milieu du présent siècle, le monde industrialisé avait tendance à considérer l'environnement comme une source inépuisable de ressources et un puits sans fond pour ses déchets. Cette perception, que l'on appelle économie de font pionnier[1], s'observe encore aujourd'hui dans certaines pays en développement et certains secteurs des pays industrialisés. L'économie était perçue comme étant pratiquement isolée de tout, distincte de l'environnement. On considérait que les ressources étaient abondantes, de sorte que l'on pouvait, par exemple, satisfaire une demande accrue de produits forestiers en construisant tout simplement une nouvelle usine. Le problème le plus pressant de l'économie de front pionnier était la rareté du capital humain et non des ressources. Par conséquent, on se souciait peu de la destruction de l'environnement étant donné que de nouveaux territoires et de nouvelles ressources pouvaient toujours être exploités. On peut affirmer qu'une autre conséquence de ce type d'économie a été le développement d'une science de la nature très étroite et sectorielle. Les programmes gouvernementaux, les facultés universitaires et les théories économiques ont maintenu cette perception incohérente et restrictive du monde. Les forêts et les cultures, par exemple, n'étaient jamais considérées par rapport au sol qui les gardait sur pied, aux cours d'eau qui les traversaient ou aux animaux qui s'y abritaient.

FIGURE 1.3

Vue d'ensemble de cinq formes fondamentales de gestion de l'environnement



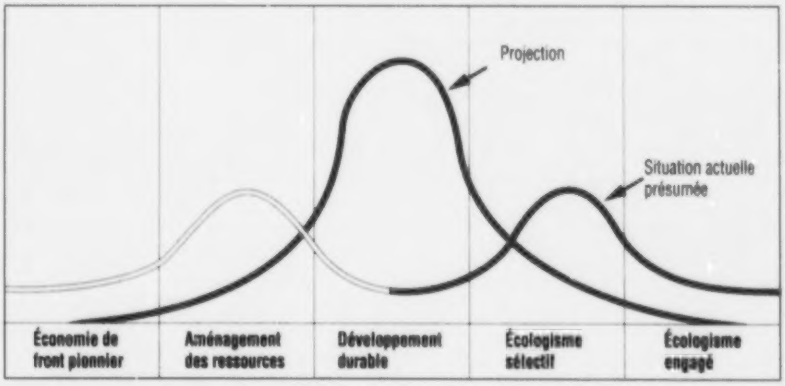
Économie de front pionnier
- peu d'égard pour l'environnement
- environnement considéré comme une source inépuisable de ressources
- développement de sciences axées sur les ressources

Aménagement des ressources
- assujettissement de l'environnement aux activités économiques
- pollueur-payeur
- atténuation et évaluation des impacts environnementaux
- développement de valeurs multidisciplinaires dans les sciences sectorielles traditionnelles

Développement durable
- société, économie et environnement faisant partie d'un système où ils s'appuient mutuellement
- environnement et économie considérés à long terme et de façon indissociable
- environnement sain essentiel à une économie saine
- développement de l'éco-science

Écologisme sélectif
- assujettissement de l'économie à l'environnement
- produits respectueux de l'environnement
- conservation et planification de l'environnement
- développement de valeurs multidisciplinaires dans les sciences naturelles traditionnelles

Écologisme engagé
- peu d'égard pour l'économie
- réserves environnementales limitées
- développement de sciences naturelles sur une base étroite



Source : J.D. Collinson et E. Wiken, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, communication personnelle.

C'est davantage vers la fin des années 1960 et dans les années 1970 que les habitants de nombreux pays industrialisés ont commencé à reconnaître l'interdépendance de l'être humain et de l'environnement et à s'inquiéter de plus en plus de la pollution. L'environnement était toujours assujetti aux activités économiques, mais le besoin de conserver et de maintenir les stocks de ressources est devenu préoccupant pour la première fois. Pendant cette période, on a mis en œuvre des politiques afin de rendre les pollueurs

[1] Un front pionnier s'entend de la limite séparant la zone occupée par des établissements humains de celle non encore conquise; cette limite est repoussée au fur et à mesure de la progression des établissements humains.

davantage responsables des dommages qu'ils causaient, et le lien entre les terres, le sol, l'eau, l'air et la vie animale est devenu, pour les sciences sectorielles traditionnelles, un facteur à prendre en compte. Dans le cadre de cette forme d'« aménagement des ressources », les répercussions environnementales de l'extraction des ressources ont été évaluées afin que les dommages au milieu naturel soient atténués ou limités. Toutefois, ces évaluations étaient souvent faites après coup, une fois terminées les étapes de la planification d'un projet d'aménagement donné. Par conséquent, le processus décisionnel des entreprises a peu changé, les impacts environnementaux n'étant pris en compte qu'une fois les décisions fondamentales prises.

Bien que l'aménagement des ressources demeure, dans une large mesure, le principal mode d'action en matière d'environnement et de développement économique, il devient évident que la sensibilisation à l'environnement s'accroît de plus en plus rapidement. L'« écologisme sélectif » reflète un mode de pensée tout à fait différent. « Je fais ma part », telle est la meilleure façon de décrire ce mouvement : les consommateurs et les organismes expriment leur inquiétude face à la dégradation de l'environnement en faisant des gestes précis pour y mettre un frein. Le désir de faire quelque chose pour l'environnement a donné lieu à une multitude de produits et de projets « respectueux de l'environnement », comme les projets municipaux de cueillette sélective des déchets. Toutefois, l'écologisme sélectif tient très peu compte, sinon pas du tout, de la viabilité économique des efforts de conservation. De plus, il établit comme hypothèse que l'économie subviendra à ses propres besoins.

L'écologisme engagé désavoue complètement les activités économiques et considère que la race humaine n'est rien de plus qu'une des nombreuses espèces de la planète. De toute évidence, l'écologisme engagé est l'antithèse de l'économie de front pionnier. En effet, cette dernière accorde peu d'attention à l'environnement, tandis que la première en accorde peu à l'économie, ce qui se reflète dans sa perception de la science.

La méthode de gestion de l'environnement la plus équilibrée est le développement durable. Dans cette perspective, un environnement sain est essentiel à une économie forte et prospère. La société, l'économie et l'environnement sont donc perçus comme des éléments d'un système où ils s'appuient mutuellement et sont automatiquement pris en compte *avant* qu'une décision ne soit prise. La mise en œuvre du développement durable suppose que les ressources sont traitées en fonction de leur valeur, tant future qu'actuelle, et offre l'espoir véritable que le développement économique n'entraînera pas la dégradation de l'environnement. Aujourd'hui, avec les menaces sans précédent que font planer le changement climatique et la dégradation mondiale des ressources naturelles, le besoin d'intégrer des objectifs environnementaux, sociaux et économiques dans un contexte écologique plus vaste n'a jamais été aussi grand. C'est pourquoi, en toute logique, l'« éco-science » revêt une importance accrue.

LES PROCESSUS MONDIAUX ET LES INTERVENTIONS HUMAINES

Il est fréquent d'entendre dire que nous vivons dans un monde de circularités, des cycles sans fin caractérisant l'évolution de l'univers. Les planètes et la Lune continueront de décrire leur trajectoire respective pendant les 4 ou 5 prochains milliards d'années, et les océans continueront d'osciller au rythme des marées. Les années et les saisons se succéderont, la roue de la vie continuera de tourner, avec son cortège de morts et de naissances.

Pour avoir une bonne idée des liens d'interdépendance entre les éléments, il suffit de concevoir le monde dans lequel nous vivons comme étant constitué de systèmes à l'intérieur de systèmes plus grands, à la manière des poupées russes qui s'emboîtent les unes dans les autres. L'écosphère est le plus vaste système présentant pour nous un intérêt immédiat. Elle abrite les grands écosystèmes que sont les océans et les continents. Viennent ensuite les écosystèmes régionaux des continents, puis les écosystèmes locaux : une forêt, une exploitation agricole ou un étang.

Cette représentation de la réalité sous forme de systèmes à l'intérieur d'autres systèmes, ou encore de niveaux d'organisation différents mais reliés, nous rappelle que des processus parallèles sont à l'œuvre dans la nature, à différentes échelles chronologiques et spatiales. L'étude du plus vaste système, l'écosphère, nous permet de mieux saisir l'importance de maintenir les écosystèmes régionaux en bon état. Et c'est en examinant les cycles régionaux que nous pouvons commencer à comprendre l'écosphère.

Le cycle du phosphore

Des six principaux éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, le phosphore est le moins abondant (Kucera, 1973; Maxwell et collab., 1985). Produit par l'altération des roches et des cendres volcaniques dans les sols, il est lessivé et progressivement entraîné vers la mer, où il s'incorpore aux sédiments et attend la prochaine lente série de soulèvements ou d'éruptions volcaniques. Sur les marges continentales, des quantités assez faibles de phosphore sont rapidement récupérées de l'océan grâce aux remontées d'eau profonde et aux déjections des oiseaux de mer sur la terre ferme; toutefois, les écosystèmes intérieurs doivent accumuler le phosphore produit par l'altération des roches et l'utiliser à maintes reprises, le recyclant du sol ou des sédiments lacustres jusqu'aux plantes, aux animaux et, enfin, aux microorganismes décomposeurs à partir desquels le cycle recommence.

L'agriculture durable suit le même modèle, bouclant les cycles locaux en retournant à la terre le fumier, les eaux usées et d'autres déchets. Toutefois, dans les pays industrialisés comme le Canada, on extrait habituellement le phosphate présent dans les roches

sédimentaires afin de compenser les pertes de phosphore dues à l'érosion, aux liaisons chimiques dans le sol ou à l'absorption par les plantes.

Malheureusement, la phosphorite est une ressource non renouvelable et limitée, répartie inégalement à la surface de la planète. Certains pays les plus peuplés en possèdent d'infimes quantités. Si le phosphate d'origine minérale que l'on ajoute aux sols agricoles venait à diminuer, il pourrait devenir difficile de subvenir aux besoins d'une population mondiale croissante, compte tenu des limites des sols agricoles.

Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est plus facilement observable et mieux compris que celui du phosphore. L'eau est l'élément vital de la planète; elle se déplace sans cesse au gré des courants océaniques, s'évapore puis retourne à la mer et à la terre sous forme de précipitations. Pendant qu'elle circule à l'état liquide, l'eau redistribue l'énergie solaire des tropiques jusque dans les régions polaires, érode les continents, dissout et recycle les minéraux. À l'état de vapeur atmosphérique, elle devient un gaz à effet de serre et forme les nuages, régissant les températures à l'échelle de la planète. C'est le milieu de dissolution et de transport dont dépendent la vitalité et la productivité de tous les écosystèmes et organismes.

La circulation rapide de l'eau et le processus atmosphérique par lequel elle s'évapore des océans et retourne sur la terre sont des caractéristiques qui ne s'appliquent pas au cycle du phosphore. Grâce à la circulation de l'eau, nous pouvons intervenir de multiples façons dans le cycle hydrologique (voir les chapitres 3 et 4). Ainsi, nous puisons l'eau emmagasinée dans les profondeurs du sol et dérivons les cours d'eau à des fins d'aménagement hydroélectrique, d'irrigation ou d'utilisations urbaines. Nous pouvons modifier le régime de fonte des glaciers et des calottes polaires en augmentant les concentrations naturelles de gaz à effet de serre. Enfin, nous pouvons influer sur l'évaporation et les précipitations en modifiant le couvert végétal de la planète par le déboisement et diverses pratiques agricoles. Ces interventions ne sont pas toutes nécessairement négatives, mais leurs effets écologiques à l'échelle locale, régionale et planétaire sont rarement pris en compte.

Certaines de nos interventions traditionnelles, présumées naturelles et non perturbatrices, modifient définitivement le cycle de l'eau. Il en est ainsi de l'abattage des arbres, notamment de la coupe à blanc de vastes étendues boisées en vue de leur conversion en pâturages et en champs agricoles. Il est assez évident qu'un déboisement de cette ampleur peut réduire la biodiversité; ce qui l'est moins, c'est qu'il résulte en un apport massif de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. De plus, la disparition de grandes superficies forestières peut entraîner des modifications climatiques à l'échelle régionale. La destruction du couvert forestier qui emmagasine la chaleur accroît le rayonnement terrestre et peut causer un refroidissement climatique. L'élimination de l'effet de capillarité des arbres, une étape importante du transfert de l'eau entre le sol et l'air, donne lieu à un climat plus sec et plus chaud. En outre, le déboisement a comme effet probable plus généralisé, également relié à l'effet de capillarité des arbres, de réduire la nébulosité, d'où une modification du bilan thermique de la planète.

Les ressources et les cycles

Nous pouvons évaluer les effets de nos interventions sur les cycles terrestres en considérant la capacité de renouvellement et de reconstitution des ressources que nous utilisons pour satisfaire nos besoins alimentaires et énergétiques, nous vêtir, nous loger et nous procurer d'autres produits domestiques et industriels. L'origine de ces ressources est double : 1) l'air, le sol, l'eau et les organismes (dont l'être humain) de l'écosphère; et 2) le sous-sol. Les ressources renouvelables et reconstituables sont les composantes « normales » des écosystèmes, tandis que les ressources non renouvelables et non reconstituables sont extraites de la croûte terrestre sous-jacente.

1. Les ***ressources renouvelables***, à strictement parler, sont les organismes et leurs produits. Seules ces ressources peuvent, par reproduction et croissance, augmenter réellement en quantité. Ce sont les micro-organismes, les plantes, les animaux et les êtres humains, qui se reproduisent et croissent en tirant de leurs écosystèmes les matériaux et l'énergie indispensables à leur bien-être.

2. Les ***ressources reconstituables***, qui sont inorganiques, forment la matrice des écosystèmes. Il s'agit de l'air, de l'eau, du sol et du climat (y compris le rayonnement solaire), qui enveloppent les organismes et assurent leur subsistance. Les composantes de cette matrice sont reconstituées et maintenues par des flux et des cycles assez rapides qui varient selon l'emplacement géographique. Le cycle de l'énergie rayonnante est quotidien et celui des précipitations est saisonnier, mais les sols prennent des siècles à se reconstituer. Les ressources reconstituables que l'on trouve dans chaque région présentent des caractéristiques qualitatives et quantitatives données et contribuent à la productivité des ressources renouvelables tout en fixant les limites de celles-ci, sauf lorsque l'être humain intervient en ayant recours à des ressources non renouvelables et non reconstituables (p. ex., l'emploi d'engrais potassiques ou phosphatés pour accroître la productivité des champs cultivés).

3. Les ***ressources non renouvelables*** sont des sources d'énergie concentrées sous la surface terrestre. Il s'agit surtout de combustibles fossiles et d'éléments radioactifs. Une fois utilisées, ces ressources sont perdues; l'énergie qu'elles contiennent est transformée en chaleur résiduaire et en d'autres sous-produits. De nos jours, le développement économique est largement tributaire des combus-

tibles fossiles. Ces derniers soutiennent et améliorent la productivité des ressources renouvelables dans les secteurs de l'agriculture, de la foresterie et des pêches, alimentent l'industrie et fournissent l'énergie nécessaire à l'infrastructure rurale et urbaine. L'utilisation des ressources non renouvelables libère des résidus et de la chaleur résiduaire, influant de diverses façons sur les ressources renouvelables et reconstituables.

4. Les ***ressources non reconstituables*** sont également des matériaux de la croûte terrestre : ce sont les massifs de minerai métallifère et les minéraux industriels. Une fois transformées en produits commercialisables et vendues, ces ressources ne servent pratiquement plus à d'autres fins, sauf si elles sont recueillies et recyclées par les humains à l'aide d'une autre source d'énergie. À l'instar des ressources non renouvelables, bon nombre d'entre elles entrent dans la fabrication de produits et sont des sources importantes de polluants et de substances toxiques; elles sont à la fois utiles et nuisibles. Lorsque les produits fabriqués à partir de ces ressources sont rejetés, ils augmentent le volume des déchets.

La classification qui précède permet de faire la distinction entre les matières « écologiques » et les matières « nuisibles à l'environnement » que nous utilisons. Les Anciens avaient raison de considérer les sources vitales reconstituables, la terre, l'air, le feu et l'eau, comme des éléments essentiels. Par comparaison, maintes ressources non renouvelables et non reconstituables peuvent avoir des effets négatifs sur les cycles biologiques parce qu'elles sont étrangères aux écosystèmes de la planète; en effet, au cours de leur évolution, ces derniers n'ont été exposés qu'épisodiquement ou faiblement à ces substances. Les plantes et les animaux, les eaux douces, l'air pur, l'humus et les êtres humains ne contiennent que d'infimes quantités de métaux lourds, de minéraux sulfureux, de radionucléides et d'hydrocarbures à longue chaîne, pour la simple raison que ces substances ont été peu répandues à la surface du globe. Lorsqu'elles sont imprudemment introduites dans les cycles qui se renouvellent et se reconstituent, elles représentent de graves dangers pour la santé de l'écosphère. Hors de tout contrôle, ces substances et leurs sous-produits sont les causes des dépôts acides, des trous dans la couche d'ozone, du réchauffement de la planète par les gaz à effet de serre, des substances toxiques présentes dans les aliments et de la pollution générale de l'eau, de l'air et du sol.

Les dérèglements des écosystèmes, ou « problèmes environnementaux », sont, en fait, des problèmes tenant aux humains et aux ressources; ils sont attribuables à deux facteurs. Premièrement, les êtres humains exercent des pressions excessives sur les écosystèmes régionaux et locaux en exploitant les *ressources renouvelables* au-delà de leur capacité de régénération (p. ex., les forêts et les pâturages épuisés) et en utilisant les *ressources reconstituables* (l'air, l'eau et le sol) au-delà de leur capacité de restauration. Deuxièmement, les *ressources souterraines* non renouvelables et non reconstituables et leurs sous-produits sont utilisés à des fins résidentielles et industrielles et rejetés en quantités considérables dans l'environnement : ces substances agressent les écosystèmes régionaux et locaux en réduisant leur potentiel de renouvellement et de restauration.

Les solutions sont complexes. Elles tiennent à une connaissance plus poussée des écosystèmes et de ce qui constitue un monde sain.

LE CANADA ET LES OBJECTIFS MONDIAUX

Avec ses 13 millions de kilomètres carrés de terres et d'eau, le Canada est un immense pays des hautes latitudes; il est dominé par les écosystèmes arctique, subarctique et boréal, qui reflètent la courte saison de croissance et la rigueur du climat. En été, la masse d'air polaire remonte vers le nord, de sorte que sa bordure méridionale — le front froid arctique — se trouve près de la limite subarctique des arbres. En hiver, elle descend vers le sud et enveloppe la majeure partie du pays. Juste à l'avant de cette bordure instable, à proximité des États-Unis où le climat est plus chaud, se trouvent les grands centres démographiques où dominent les forêts tempérées de l'Est et de l'Ouest.

Le Canada se distingue par sa nordicité. La population canadienne est concentrée dans le Sud, car la majeure partie de la masse continentale du Nord ne se prête guère à l'établissement humain; d'immenses étendues sont ainsi laissées intactes. La nature sauvage de l'arrière-pays fait partie de notre identité nationale. Elle entretient la demande populaire visant l'accroissement des aires protégées : réserves écologiques, refuges fauniques et parcs nationaux (voir le chapitre 7). Elle constitue également un attrait exceptionnel pour les touristes étrangers et canadiens.

Malgré un climat saisonnier inhospitalier, le Canada possède une grande diversité de ressources qui favorisent son développement industriel et commercial. Des forêts peuvent croître sur 45 % de sa masse continentale, ce qui équivaut au dixième des ressources forestières de la planète. La myriade de lacs et de cours d'eau du Canada contient 9 % de l'eau douce renouvelable du monde. Bien que les terres agricoles productives représentent moins de 7 % de la superficie totale, le Canada a des surplus de blé, de bovins et d'autres produits agricoles qu'il exporte dans le reste du monde. Cette richesse caractérise également les pêches côtières et intérieures. Les minéraux et les sources d'énergie abondent. À l'arrivée des premiers Européens, les peaux de castor, le bois de construction, les minéraux, les pâturages et les sols riches constituaient la base unique de l'économie. Aujourd'hui, le tiers de la population active du Canada tire encore des revenus directs ou indirects des industries tributaires des ressources, touchant des chèques tirés sur le capital-nature. Dans les régions industrielles du sud du

pays, où les activités sont axées sur les entreprises à « valeur ajoutée », il est tentant de conclure que les ressources en eau et en terre ne représentent plus « le moteur de la croissance industrielle ». C'est peut-être vrai, mais ces ressources restent cependant vitales pour notre système économique.

Les forêts et les espèces fauniques diversifiées et en santé, les sols agricoles fertiles, les lacs et les cours d'eau limpides, les pêches productives, les sources d'énergie peu polluantes et les minerais les moins toxiques ne perdront jamais de leur valeur dans ce monde, quelles que soient les civilisations futures. Donc, lorsque nous établissons des buts écologiques pour l'ensemble du pays ou pour de grandes régions mais dans un contexte national, notre perspective ne devrait pas se limiter aux priorités de la prochaine décennie ni à celles de la prochaine génération. Ces buts devraient plutôt traduire une sensibilité à la pérennité des valeurs environnementales qui seront toujours prisées au cours des 1 000 prochaines années au moins.

À cet égard, le rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988) (le rapport Brundtland) fournit une évaluation utile de l'état du monde et de toutes ses composantes. Les auteurs du rapport font ressortir ce qui devient rapidement une évidence, à savoir que les systèmes économiques sont tributaires de l'écosphère et qu'il faut donc assurer la santé de celle-ci. Ils examinent les perspectives de développement économique durable des pays industrialisés et des pays en développement, et proposent des lignes directrices globales en matière de surveillance environnementale. Les paragraphes qui suivent traitent de l'importance, pour le Canada, de trois secteurs particuliers étudiés dans le rapport : l'énergie, la technologie et la population.

L'énergie

Les poètes affirment que « l'amour fait tourner le monde »; or, dans la réalité, c'est l'énergie qui a ce pouvoir. L'énergie solaire et, à un degré moindre, l'énergie marémotrice et l'énergie géothermique infusent l'écosphère et assurent le maintien des écosystèmes. Les sociétés modernes concentrent l'énergie pour alimenter les infrastructures, nourrir, vêtir et loger la population, fournir des moyens de transport et assurer la survie des entreprises industrielles. L'abondance de l'énergie et son accès vont de pair; le quart de la population mondiale possédante, dont les Canadiens, consomme les trois quarts des ressources primaires. Nous vivons dans un immense pays de froidure et utilisons beaucoup d'énergie pour les transports, le chauffage des locaux et l'extraction et la transformation des matières premières destinées à l'exportation (voir le chapitre 12). On peut lire dans un rapport d'Énergie, Mines et Ressources Canada (1988) : « Pourtant, on devrait bien se rendre compte qu'un baril de pétrole économisé équivaut à un baril de pétrole produit et que les solutions fondées sur la demande peuvent présenter des avantages économiques et environnementaux par rapport à celles qui sont axées sur l'offre. »

La consommation d'énergie a des impacts importants sur l'environnement. Les dépôts acides et le changement climatique, imputables à l'utilisation de formes d'énergie non renouvelables, mettent en évidence l'importance fondamentale des sources d'énergie et leurs effets sur la santé des écosystèmes. Une voie énergétique durable et respectueuse de l'environnement est essentielle à la pérennité du monde.

Le problème est double : il touche à la fois la source d'énergie et l'utilisation de l'énergie. La forme d'énergie la plus sûre est celle qui se reconstitue rapidement, notamment l'énergie solaire. Comparativement aux autres sources, l'énergie solaire est propre. C'est l'étalon sur lequel sont réglés les cycles naturels de régénération et de reconstitution et la norme minimale à laquelle nous devrions aspirer.

Notre dépendance envers les énergies non renouvelables pose de graves problèmes. Lorsque nous imitons les processus cosmiques dans l'espace vital terrestre et produisons de l'énergie par fission des éléments lourds instables, les déchets radioactifs restent à proximité du lieu où ils sont produits. Lorsque nous brûlons du charbon, du pétrole et du gaz, nous rejetons dans l'atmosphère des hydrocarbures volatils ainsi que du carbone, du soufre et de l'azote oxydés, et ces sous-produits modifient la chimie de l'air. Les sources d'énergie « minérales », à la fois une bénédiction et une malédiction du passé, nous ont donné une soif de pouvoir qui nous pousse à vouloir en découvrir de nouvelles. Mais dans quelle mesure l'écosphère peut-elle survivre à d'autres agressions? Sa capacité d'absorption des sous-produits de l'utilisation de l'énergie par l'être humain définit les limites du développement à l'échelle de la planète.

L'énergie est à la base de tous nos produits et de toutes nos activités. Plus ceux-ci augmentent, plus nous utilisons d'énergie et plus nous produisons de déchets. Les écosystèmes sont agressés en trois temps : au moment de l'extraction puis de la transformation des matières énergétiques et au moment de l'élimination des déchets.

Existe-t-il une solution? Le rapport Brundtland propose l'adoption d'un scénario de faible croissance énergétique axé sur une stratégie en deux volets : la réduction de la demande énergétique mondiale et la consommation de l'énergie la plus sûre possible pour répondre à des besoins particuliers. Le premier volet préconise l'amélioration du rendement énergétique et la réduction progressive de la consommation mondiale d'énergie. Le second représente un défi écologique, soit déterminer le mélange énergétique le moins dommageable à long terme pour les écosystèmes du globe.

La technologie et la population

Pour certains, la technologie représente le principal lien matériel entre l'espèce humaine et la nature. Grâce aux idées et aux outils qu'elle fait intervenir, nous pouvons prélever du milieu et fabriquer

FIGURE 1.4

Les écozones du Canada

Source: Wiken (1986).

tout ce que nous voulons. Sous-produit de la science, elle a visé jusqu'à ce jour à répondre aux besoins de l'humanité en matière de puissance et d'information, indépendamment des effets potentiels plus étendus sur l'environnement. Le rapport Brundtland préconise une nouvelle technologie axée sur les objectifs plus larges que sont la pérennité et la protection de l'environnement.

Toutes les machines que nous utilisons sont conçues pour prolonger ou amplifier les fonctions de notre corps; elles nous permettent d'explorer les fonds océaniques, de voler à très grande vitesse dans l'air ou de nous enfoncer très profondément dans la Terre. Grâce à la technologie, l'évolution culturelle se produit à un rythme beaucoup plus rapide que l'évolution biologique traditionnelle. La principale menace qu'elle représente pour l'environnement, c'est qu'elle fait naître chez les humains des idées de grandeur et de puissance.

Même si les analogies peuvent être trompeuses, on peut affirmer que la technologie amplifie les fonctions biologiques. Notre corps a besoin de nourriture et d'eau pour survivre et croître; il rejette toute matière inutilisée.

Il en est de même des prolongements de notre corps, c'est-à-dire des produits de la technologie. Les voitures, les avions et les immeubles consomment diverses formes d'énergie et produisent des déchets. Mais il existe une différence. Les organismes ingèrent de la matière organique et produisent des déchets organiques qui sont recyclés dans la nature (décomposition bactérienne et libération d'éléments nutritifs) et absorbés de nouveau par les plantes et les animaux. Les objets mécaniques consomment des ressources non renouvelables et non reconstituables et produisent des déchets, souvent en quantités énormes, qui ne peuvent être décomposés par voie biologique. Avec leurs machines, les habitants des pays industrialisés consomment plusieurs fois plus d'énergie que les populations ne disposant pas des mêmes moyens mécaniques, et ils produisent plusieurs fois plus de déchets, dont une grande partie est toxique et non biodégradable. Les pays industrialisés sont donc à l'origine de près de 90 % des déchets dangereux dans le monde.

Aux commandes de différents types de machines, chacun d'entre nous contribue à l'épuisement des ressources à un rythme accéléré et rejette des déchets qui menacent ce qui est essentiel à notre bien-être, soit les cycles naturels de régénération et de reconstitution. La perte de la biodiversité et la disparition des espèces (voir le chapitre 6) résultent en majeure partie de la prolifération des constructions humaines qui réduisent l'espace vital des organismes. La population mondiale est dangereusement élevée, mais le nombre d'habitants n'est plus au cœur du problème démographique. Selon les données du recensement, le Canada compte 26 millions d'habitants. Nous pouvons difficilement interpréter ces données sans tenir compte du multiplicateur technologique. Pour évaluer le potentiel de pérennité d'un pays ou du monde, nous aurons peut-être besoin de déterminer les effets réels de chaque personne sur l'environnement.

[illegible] 1.1

Le système de classification écologique du territoire

Plusieurs systèmes nationaux de classification présentent une synthèse de l'environnement du Canada. Bon nombre des premières classifications ont été conçues en fonction d'objectifs assez précis ou de secteurs de ressources. Les régions forestières (Forêts Canada) portent uniquement sur les ressources forestières canadiennes; les régions naturelles (Service canadien des parcs) visent à faciliter la planification du territoire; et les régions physiographiques (Énergie, Mines et Ressources Canada) décrivent les principaux sites physiographiques et géologiques du pays. Ce genre de classification était fort utile lorsque nos préoccupations en matière de ressources environnementales étaient plus ciblées. Toutefois, au fil des ans, les préoccupations à l'égard de certains secteurs des ressources et celles du grand public ont dépassé les ressources elles-mêmes et portent sur les écosystèmes où l'on trouve ces ressources. Ainsi, dans le secteur de l'exploitation forestière, les préoccupations ne touchent plus uniquement la récolte du bois. Les habitats fauniques, les possibilités récréatives et la dégradation de l'eau et du sol sont devenus des préoccupations parallèles associées aux zones boisées.

Pour répondre à ces préoccupations écosystémiques plus vastes partout au Canada, une classification plus globale et plurifonctionnelle s'est avérée nécessaire. On a donc élaboré et appliqué un système de classification écologique qui a été amélioré avec l'aide de différents organismes gouvernementaux, d'universités et d'industries privées. Le Comité canadien de la classification écologique du territoire a réuni ces partenaires pour établir des normes nationales applicables à la classification et aux profils écologiques du pays. Le système de classification comprend un grand nombre de niveaux de généralisation allant des vastes « écozones » aux « écoéléments » particuliers à un site. Ces niveaux sont hiérarchiques : les 15 écozones du Canada sont subdivisées en 47 écoprovinces, lesquelles comprennent 177 écorégions, 5 395 écodistricts, et ainsi de suite. Ce découpage permet aux planificateurs et aux gestionnaires des ressources de choisir les cadres écosystémiques qui répondent à leurs besoins et exigences particuliers. Les écosystèmes sont décrits en fonction d'un vaste éventail de critères biologiques et physiques. Ce système ne vise pas à axer la classification sur la végétation, le climat, la faune ou tout autre critère. Il vise plutôt à établir une base nationale d'information écologique pouvant être utilisée à des fins multiples.

LES ÉCOZONES ET LES ACTIVITÉS HUMAINES

Le Canada couvre une grande superficie de la planète; de l'avis de ses habitants, il est beaucoup trop vaste pour être décrit comme un seul écosystème. Comment devons-nous subdiviser le pays à des fins d'étude, de gestion de la conservation et de valorisation du milieu naturel? Une méthode consiste à considérer les paysages terrestres et aquatiques comme des écosystèmes, dont chacun peut être comparé à un gros terrarium ou aquarium contenant tous les éléments organiques et inorganiques lui permettant d'être fonctionnel. Ces écosystèmes représentent les unités fondamentales de la nature; ils sont composés d'organismes en interaction et de la matrice air–eau–terre. À l'instar des autres formes du biote, nous devons notre survie à l'existence d'un réseau d'écosystèmes.

« Penser globalement et agir localement » : ce principe est fort à propos. Avant de décrire les parties d'un tout, nous devons d'abord considérer l'ensemble. Parallèlement, à l'échelle nationale, la connaissance des grandes écozones peut nous aider à prévoir et à comprendre les problèmes environne-

mentaux dans les écorégions, les bassins versants, les municipalités et les villes. Le Canada a été divisé en 15 écozones (Wiken, 1986) qui donnent un bref aperçu de la diversité écologique et géographique du pays et fournissent un cadre pour l'examen des conditions et tendances environnementales (figure 1.4 et encadré 1.1). Les quelques écozones décrites sommairement ci-dessous illustrent la variété écologique du pays et constituent un avant-propos aux études de cas régionales (chapitres 15 à 20) décrites dans le présent rapport.

Le Haut-Arctique

L'écozone du Haut-Arctique comprend la plus grande partie de la portion non montagneuse de l'Archipel arctique, une partie du nord-est du district de Keewatin et une autre du Nouveau-Québec. Le relief est constitué principalement de collines et de bas-plateaux couverts de moraines, et les affleurements rocheux ainsi que les dépôts marins sont fréquents. Le climat est sec et très froid (environ 20 jours sans gel par année, en moyenne); des sols minces peu développés surmontent un pergélisol continu. Les principaux mammifères terrestres sont le caribou, le bœuf musqué, le loup et l'ours blanc; dans la mer, on trouve surtout le morse, le phoque, le narval et le béluga. La chasse et le piégeage pratiqués par les autochtones sont principalement axés sur la mer et représentent toujours des activités importantes. Une grande partie de la zone sédimentaire fait l'objet de projets de mise en valeur des hydrocarbures et une ou deux entreprises minières y sont établies. Selon les prévisions, le réchauffement climatique aura des effets particulièrement marqués sur le Nord canadien.

Vu son éloignement, l'écozone du Haut-Arctique devrait être relativement intacte. Or, il n'en est rien. Nous savons maintenant que les courants océaniques orientés vers le nord transportent d'importantes charges de polluants qui s'accumulent sous la glace arctique. De même, les polluants rejetés dans l'atmosphère par les pays industrialisés aboutissent dans le Nord, formant la « brume arctique » avant de se déposer. L'accumulation de la neige acide, de métaux lourds et de produits pétrochimiques dans les écosystèmes des régions froides illustre bien les problèmes extrinsèques au maintien de la santé des écosystèmes dans un monde en détérioration. Les processus dynamiques des océans et de l'atmosphère créent des liens très étroits entre les différentes parties de l'écosphère, et les innocents doivent souvent payer le prix de l'indifférence des pollueurs lointains.

Les zones maritimes de l'Atlantique et du Pacifique

Ces deux écozones côtières fort différentes de l'Est et de l'Ouest sont caractérisées par un climat maritime semblable : la pluviosité est bonne et les températures sont modérées en hiver. Ce sont des régions forestières; la côte du Pacifique, en particulier, est réputée pour son industrie forestière prospère. L'agriculture mixte est importante sur les deux côtes; des fruits et des plantes horticoles sont cultivés dans les grandes vallées soumises aux pressions souvent considérables de l'urbanisation. Les terres sont vallonnées à montagneuses et les cours d'eau fournissent de nombreuses sources d'hydroélectricité. Les beautés naturelles de ces régions attirent les touristes. La navigation et la pêche représentent des industries majeures, mais le secteur des pêches éprouve certains problèmes.

La pêche côtière est menacée dans tous les coins du globe. Comme dans le cas de nombreuses autres ressources renouvelables, les prélèvements ont nettement dépassé la capacité de renouvellement des populations de poissons. En outre, la productivité des zones de pêche côtière a subi les contrecoups de la dégradation de l'environnement. Nous ne comprenons pas vraiment la complexité des écosystèmes terrestres ou aquatiques, de sorte que les prévisions du rendement soutenu et du taux d'exploitation admissible sont en grande partie approximatives et souvent trop optimistes. Il est très difficile de comprendre le rôle de la dégradation de l'environnement, à laquelle les écosystèmes aquatiques sont particulièrement vulnérables.

Les problèmes de qualité de l'eau naissent à l'endroit même où vivent les humains, c'est-à-dire sur la terre ferme, car les écosystèmes terrestres et aquatiques sont reliés par le cycle hydrologique de l'évaporation, des précipitations et de l'écoulement. Les divers modes d'utilisation des terres ont des répercussions sur le milieu marin du fait de la dérivation des cours d'eau et des déversements côtiers. De même, l'agriculture, l'exploitation forestière, les villes et les industries produisent des sédiments, des matières organiques, des éléments nutritifs chimiques et des polluants qui sont tous entraînés vers la mer.

Les Prairies

L'écozone des Prairies englobe le sud de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. À l'origine, elle était dominée par les graminées indigènes. En 100 ans d'établissement humain, les plaines plates à légèrement ondulées ont été transformées en champs cultivés et les bas-plateaux morainiques, en pâturages. Les terres sont maintenant façonnées par les cultures et fournissent une grande partie des céréales et des oléagineux du Canada. Quelques fragments seulement de prairies naturelles ont survécu et les animaux sauvages de grande taille sont de plus en plus rares.

Les prairies naturelles sont caractérisées par de faibles précipitations et des sécheresses périodiques; la gestion de l'eau vise essentiellement à appuyer les objectifs agricoles des plaines de l'Ouest. En certains endroits, l'irrigation supplée aux précipitations naturelles, et les cours d'eau sont également exploités à des fins municipales, industrielles et récréatives. Les milieux humides des Prairies, qui sont essentiels au cycle hydrologique et à la sauvagine, ont été grandement réduits par suite de leur labourage durant les années de sécheresse et de leur assèchement durant les années humides.

La gestion durable des écosystèmes agricoles suppose un équilibre entre ce qui est tiré du sol et ce qui y est ajouté. Les pertes par érosion, lessivage et absorption par les cultures diminuent la productivité des sols. Nous devons protéger cette ressource lente à se reconstituer en maintenant sa diversité écologique et en exploitant ses constituants essentiels à un rythme n'excédant pas celui de leur reconstitution.

Depuis un siècle, les activités agricoles ont été axées sur l'optimisation du rendement grâce à l'utilisation de diverses ressources non renouvelables. La nécessité de conserver les sols est reconnue par bon nombre d'agriculteurs, de même que les avantages que pourront en tirer les générations à venir. D'ici que l'ensemble de la société assume les coûts des programmes de conservation mis en œuvre en vue de gains futurs, la survie économique régit souvent l'atteinte d'un but unique, soit le rendement élevé. L'exploitation durable et la maximisation de la production sont-elles compatibles? Comment pouvons-nous intégrer et harmoniser ces deux notions? Ces questions sont examinées au chapitre 9.

Les plaines à forêts mixtes

Le sud-est du Québec et la partie sud adjacente de l'Ontario forment l'habitat humain le plus propice et le plus vaste du pays, comme en témoignent leur population et l'utilisation intensive des terres. La proximité des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent constitue l'un des avantages naturels de cette zone au climat favorable. Les formes de relief prédominantes sont des plaines plates à ondulées comprenant de vastes étendues de sols agricoles productifs. Dans le Nord, les forêts sont composées d'essences feuillues et résineuses; dans le Sud, où la plus grande partie des terres a été déboisée, elles étaient formées principalement d'essences feuillues. Les pressions urbaines et industrielles exercées sur les terres, l'eau et l'air sont énormes. Toutefois, les problèmes plus globaux touchant les ressources naturelles ne sont pas apparents de prime abord et le respect de l'environnement est synonyme d'industrie propre et efficace.

Les gens qui vivent à proximité du capital-nature et qui sont engagés dans la production primaire d'aliments, de bois ou de minéraux ont tendance à associer les problèmes environnementaux à l'extraction et à l'épuisement des ressources. Demandez leur avis aux agriculteurs et ils vous parleront probablement d'érosion des sols, d'inondations, de mauvaises herbes, d'insectes ravageurs et de baisse du rendement. Les citadins et les industriels voient les choses sous un autre angle. Évoluant dans un monde de produits fabriqués et manufacturés, ils se préoccupent surtout du smog industriel, des effets des substances toxiques présentes dans les cours d'eau, des odeurs nauséabondes à proximité des raffineries et des usines de pâte, de l'innocuité de l'eau potable et des additifs alimentaires. Vu que la majeure partie des gens viennent des régions urbaines et industrielles, leur définition de la protection de l'environnement se traduit habituellement par « lutte contre la pollution ». La nature, avec laquelle ils n'entrent en contact que durant les vacances ou le visionnement d'un documentaire sur la nature, est généralement laissée pour compte.

Une ville hautement industrialisée est un écosystème enrichi artificiellement et alimenté par les écosystèmes voisins ou éloignés. Un flux de matières y est consommé et transformé et ce, de diverses manières : ses habitants consomment des aliments et des boissons et ses machines, de l'énergie et des matières premières. Inévitablement, la ville rejette des déchets sous forme d'eaux usées, d'effluents industriels et de polluants atmosphériques, lesquels influent sur la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du biote des écosystèmes régionaux avoisinants, qu'ils soient terrestres ou aquatiques. Les répercussions des centres industriels sur l'environnement sont rarement positives. Nous devrions peut-être jeter un regard neuf sur le monde et considérer les centres urbains et industrialisés non plus comme des zones autosuffisantes mais plutôt comme des parties intégrantes des régions géographiques et écologiques. En outre, cela pourrait nous amener à reconnaître, dans l'intérêt à long terme des villes, le besoin de réinvestir une partie des richesses urbaines et industrielles pour assurer le maintien, la santé et la vitalité de l'arrière-pays.

Le Bouclier boréal et les plaines boréales

Cette vaste région en forme de U comprend deux écozones; elle s'étend de Terre-Neuve jusqu'au Yukon et occupe la plaine précambrienne érodée par les glaces. La majeure partie des sols sont minces et acides, entrecoupés de tourbières plus profondes et parfois de zones de sédiments déposés dans les anciens lacs glaciaires. Dans le Sud, en direction du réseau hydrographique des Grands Lacs et du Saint-Laurent, les forêts à couvert fermé sont composées de peuplements mélangés (résineux et feuillus), tandis que les résineux dominent dans le Nord.

Le potentiel agricole de cette zone est faible. Les principales activités économiques sont l'exploitation minière, la chasse, le piégeage, les loisirs et, surtout, l'exploitation forestière. L'abattage des arbres pour l'industrie des pâtes et papiers est très important, et le survol de la région montre des zones déboisées dans presque tous les secteurs. Les problèmes environnementaux à l'emplacement des usines se traduisent par des rejets d'effluents dans l'eau, l'air et les décharges, tandis qu'en forêt, ils tiennent au maintien d'une ressource renouvelable diversifiée, l'écosystème forestier.

Depuis toujours, et contrairement à l'exploitation forestière, l'agriculture nord-américaine comporte deux volets, soit la culture et l'élevage. Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, où l'élevage est tributaire des pâturages naturels, une science et une méthode d'aménagement des prairies naturelles, distinctes de celles appliquées aux terres agricoles entretenues et plantées, se sont donc développées. Cette différence conceptuelle pourrait être utile dans certains cas en foresterie, où la faune et les loisirs ont souvent été considérés comme des valeurs secondaires. Traditionnellement les forestiers ont considéré les forêts d'un point de vue agronomique, c'est-à-dire en fonction

de la récolte des arbres et non de la préservation d'écosystèmes complexes. L'aménagement forestier s'est modelé, peut-être par inadvertance, sur « l'agriculture et le travail du sol » et a été axé sur l'arboriculture et la monoculture, avec emploi d'engrais pour accélérer la croissance des cultivars ainsi que de biocides pour détruire les plantes compétitrices et les insectes ravageurs. Le volet « gestion des pâturages », qui vise plutôt le maintien de l'intégrité des écosystèmes forestiers, est de plus en plus reconnu. Il met davantage l'accent sur la préservation tant de la diversité naturelle des paysages que de l'intégrité des formes de relief, des sols et du biote sans valeur marchande.

LA CONSERVATION

Dans la foulée de la publication du rapport Brundtland entériné par le gouvernement, diverses autorités municipales, provinciales et fédérales ont commencé à élaborer des stratégies de conservation axées sur l'objectif du développement durable. La Stratégie mondiale de la conservation (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, 1980) énumère trois objectifs stratégiques :

1. Maintenir les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie

Souvent, on associe le mot « vie » aux seuls organismes, ce qui va à l'encontre de toute écologique. Vu les liens indissociables entre les organismes et l'environnement dans lequel ils vivent, la vie doit être fonction de ces deux constituants et de leurs processus écologiques. Combien de temps survivrions-nous sans air et sans eau, sans la pression atmosphérique et sans soleil, privés des cycles essentiels à la reconstitution de ces ressources et en l'absence des autres animaux, plantes et microbes? Les soins que nous prodiguons à la terre, à l'eau et à l'air sont indispensables à la protection de la vie.

2. Préserver la diversité génétique

La protection du matériel génétique est l'un des problèmes les plus graves auxquels sont confrontés les pays du monde entier (voir les chapitres 6 à 10). Des tropiques jusqu'à l'Arctique, toute modification profonde des forêts et des prairies ainsi que des lacs et des mers prive une variété et un nombre incalculables d'organismes de leur environnement naturel. Nous conservons certains des organismes de plus grande taille dans les jardins botaniques et zoologiques, et leur rôle vital dans la nature s'en trouve amoindri. Les petits organismes, tels les algues, les bactéries et les champignons, passent inaperçus ou sont oubliés pour la plupart. Cependant, maintes espèces « secondaires » sont plus importantes que les acteurs principaux qui nous procurent de la nourriture et des fibres; elles accomplissent des exploits comme la production d'oxygène, la fixation du dioxyde de carbone et la décomposition (recyclage) des déchets. La diversité génétique que nous cherchons à sauvegarder doit être considérée dans un sens large.

3. Veiller à l'utilisation durable des espèces et des écosystèmes

Cet objectif reconnaît que l'espèce humaine a besoin des ressources naturelles pour survivre. Les humains et leurs régimes économiques sont des sous-systèmes de l'écosphère et ils en exploitent les ressources de plus en plus rapidement. Un peu partout dans le monde, nous consommons à un rythme non soutenable et mettons en péril la base même de la productivité future (Rees, 1988). Devons-nous chercher à maintenir le capital-nature et à vivre des intérêts annuels, ou devons-nous puiser dans ce capital avec la certitude que, tôt ou tard, nous serons ruinés?

Les trois objectifs de la Stratégie mondiale de la conservation sont fort louables et raisonnables, mais ils ne seront pas faciles à atteindre. Jamais auparavant l'être humain ne s'est appliqué à la tâche; nous devons nous frayer un chemin et apprendre en cours de route. Avant tout, il nous faut trouver la bonne direction.

POUR UNE ÉCONOMIE REPENSÉE

Le sens premier du terme économie est « art de bien administrer une maison ». Dans la mesure où administration et sagesse vont de pair, l'économie favorise la prospérité de tous les occupants de la maison. Peut-être faudrait-il revenir au sens éthique premier de la notion d'économie et l'intégrer à l'éthique environnementale. Malgré la multitude de connaissances acquises au cours des 50 dernières années, nous n'avons pu élaborer un système tenant pleinement compte des coûts et avantages associés à l'écosphère.

Ce qui est en jeu, c'est notre conception du capital et des recettes durables que nous pouvons tirer de celui-ci. Pour léguer aux générations à venir un monde au moins tout aussi créatif et merveilleux que celui dans lequel nous vivons aujourd'hui, nous devons protéger le capital naturel de l'air, de l'eau, du sol, des forêts, des pêches et de tous les organismes — composantes fondamentales des écosystèmes de la planète — et vivre des profits, c'est-à-dire de ce qui restera après que nous aurons assuré le maintien des processus de renouvellement et de reconstitution de la Terre : les recettes.

Le problème semble tenir à notre mauvaise compréhension du capital-nature, ce qui complique les calculs des recettes que nous pouvons nous approprier. Nous ignorons combien d'agressions un écosystème peut subir tout en restant intact, et nous ne savons pas ce qui lui permet de se régénérer. Les « rendements soutenus » ou les recettes admissibles que nous fixons malgré notre ignorance sont surtout estimatifs. Pour prévenir tout effritement du capital que représentent les lacs du Canada, quel niveau de pollution devrions-nous accepter? Quelles recettes devrions-nous tirer des forêts et quelle superficie devrions-nous laisser intacte? Au lieu de nous pencher sur ces questions complexes, nous

avons eu tendance à nous intéresser à la croissance économique, qualifiée généralement de « saine » (mais à quel coût sur le plan de l'épuisement du capital-nature?), ou au chômage, généralement reconnu comme étant mauvais (mais apportant quels avantages sur le plan de la protection du capital-nature?). Le développement durable sous-tend la notion suivante : la croissance et les emplois sont possibles si l'on s'en tient aux surplus annuels de la productivité naturelle.

Selon la sagesse traditionnelle, un déficit budgétaire est mauvais, notamment lorsqu'il augmente au point que le service de la dette est préjudiciable à l'éducation, aux services de santé et à d'autres programmes. Cependant, n'avons-nous pas hypothéqué le capital-nature et la qualité de vie des générations actuelles et futures par la monoculture intensive, le déboisement, la destruction des espèces, la pollution des cours d'eau, des lacs et des océans, la hausse des concentrations de gaz à effet de serre et l'épuisement accéléré de l'ozone atmosphérique? Certains déficits sont irréversibles; jamais la dette ne pourra être remboursée. Le problème, c'est que nous ne connaissons pas suffisamment bien les écosystèmes pour répondre à ces questions de façon certaine.

Nous avons eu l'esprit obscurci par des indicateurs économiques courants comme le produit national brut et le produit intérieur brut, oubliant qu'ils ne mesurent que les bénéfices à court terme pour l'ensemble de la population, « l'économie ». N'est-il pas ironique de constater, à cet égard, que la marée noire du pétrolier *Exxon Valdez* a contribué pour une part importante au produit national brut mais que ses effets négatifs sur l'environnement se feront sentir pendant des décennies? Encore là, nous « actualisons » : nous utilisons des taux d'intérêt pour déterminer la valeur actuelle des bénéfices futurs associés aux investissements. Cette méthode est valable lorsque nous considérons un tracteur ou une usine de pâte ayant une durée de vie utile de 10 et 25 ans, respectivement. Mais qu'arrive-t-il lorsque nous évaluons une vieille forêt de la même manière? Des taux d'intérêt élevés favorisent l'exploitation rapide des écosystèmes, car l'avenir est fortement actualisé; ainsi, la valeur actualisée d'une forêt mûre sera pratiquement nulle dans moins de 20 ans.

De toute évidence, pour faire de la pérennité de l'écosphère une priorité absolue, nous devons trouver de nouvelles méthodes pour mesurer la croissance économique, de nouvelles idées sur ce que nous pouvons raisonnablement actualiser et à quels taux (nuls ou négatifs) de manière à assurer la pérennité du capital-nature et à prévenir tout déficit écologique. Il est peut-être temps de revenir aux anciennes notions de « qualité de vie » et de « paix de l'esprit » et de cesser de prêcher les vertus d'un matérialisme insensible à la dégradation de la nature, au contrôle de la croissance démographique et à la répartition équitable des richesses. L'accroissement du parc automobile peut-il compenser la diminution du nombre de huarts poussant leur cri plaintif au crépuscule, à la surface des lacs paisibles? Quel monde voulons-nous léguer à nos petits-enfants? Un système économique durable devra être axé sur la pérennité de l'environnement et sur la notion d'équité tant pour les générations actuelles que pour celles à venir. On peut certainement affirmer qu'il n'y aura pas de stagnation économique pour autant; lorsque la *qualité* prime sur la *quantité*, la recherche du mieux-être peut être contenue dans un espace fini comme celui de la Terre.

Le présent chapitre se veut une analyse critique de notre passé; il a cependant été écrit avec la conviction que nous commençons à comprendre le monde qui nous entoure comme un tout et non comme un assemblage d'éléments distincts les uns des autres. À première vue, cette nouvelle perception peut sembler très compliquée, car elle déborde du cadre de « l'école d'une pensée ordonnée » où les multiples composantes de la Terre et de l'économie étaient autosuffisantes, compartimentées et faciles à comprendre. Toutefois, elle fait appel à la raison comme jamais ne l'a fait l'ancienne vision. Nous devons relever un défi, celui d'élaborer des indicateurs de la santé et de la pérennité de l'environnement allant de pair avec les indicateurs économiques, afin de comprendre notre rôle sur la planète et de mieux évaluer nos activités. Cet exercice est d'autant plus fascinant que l'écosphère évolue inéluctablement, avec ou sans nous. Un processus dynamique à long terme, sur lequel nous n'avons aucun pouvoir, est à l'œuvre. Il est le produit de nombreux phénomènes naturels ou non, souvent de peu d'ampleur, qui sont survenus tout au long de l'histoire mais qui ont eu, chacun, un effet d'entraînement. Dans quelle mesure pouvons-nous comprendre ces changements évolutionnaires, évaluer les impacts de nos activités sur eux et suivre une trajectoire complémentaire?

GÉRER LES ÉCOSYSTÈMES OU S'AUTOGÉRER?

Les obstacles institutionnels surgissent de toutes parts. Nous créons des unités organisationnelles (au sein des grandes compagnies, des universités et des gouvernements de tous les pays du monde) qui gèrent des parties d'un tout et non des ensembles; une appellation telle que le « ministère de l'Environnement » est donc trom-peuse. Elle donne à penser qu'une autorité peut gérer à elle seule cette partie de l'écosphère occupée, par exemple, par le Canada et ce, sans l'aide d'aucun autre organisme. Elle laisse également entendre que l'environnement peut être conceptualisé, compris et géré de la même façon unidirectionnelle que les finances ou, peut-être, la consommation. Ces conceptions erronées nuisent à l'élaboration de politiques et à la mise en œuvre de programmes respectueux des exigences du milieu. Nous semblons avoir une prédilection pour les programmes de gestion unisectorielle.

Selon D.J. McLaren (1990), l'idée que les humains peuvent « contrôler la planète » est très dangereuse et est responsable de maints problèmes

écologiques et sociaux auxquels nous faisons face à l'heure actuelle. En définitive, il est écologiquement irréaliste, de tenter de régler les problèmes environnementaux en plaçant les humains au centre de tout. Il peut paraître audacieux de prétendre que l'humanité et ses institutions ne sont pas le but suprême de la création. Mais, par ses sursauts, n'est-ce pas exactement le message que nous livre l'environnement, à savoir que nous devons faire preuve d'un peu d'humilité? Si nous sommes incapables de nous intéresser à autre chose qu'à nous-mêmes, du moins devrions-nous reconnaître qu'il est finalement dans notre propre intérêt de vivre en harmonie avec l'écosphère.

Nous faisons partie intégrante d'un tout et nous ne devrions pas chercher à le dominer ni à le dépouiller. Déjà, notre espèce — une parmi 20 millions — prélève pour son propre usage 40 % de la production primaire nette des écosystèmes terrestres (Vitousek et collab., 1986). Si la population double, ce pourcentage grimpera-t-il à 80 %? Pouvons-nous procéder à d'autres prélèvements sans rendre la planète stérile?

E.F. Schumacher (1973), économiste et spécialiste de l'énergie, a souligné la primauté de la qualité sur la quantité : « L'homme, pouvons-nous dire, doit gérer la terre avec trois objectifs primordiaux en tête : la santé, la beauté et la pérennité. Le quatrième objectif — le seul reconnu par les experts —, la productivité, sera alors atteint de surcroît. » Daly et Cobb (1989) abondent dans ce sens et définissent ainsi le « développement » : tout ce qui améliore la qualité de vie par opposition à la « croissance », qui est quantitative. La Terre occupe un espace limité et la croissance soutenue est écologiquement impossible; seul le développement soutenu est possible, affirment Daly et Cobb. La croissance quantitative au-delà de la capacité de charge des écosystèmes met en danger la santé, la beauté et la pérennité de ceux-ci. Selon C.S. Holling (1986), les objectifs habituels de la gestion, soit la maximisation de la production, l'accroissement du rendement et la réduction des risques, diminuent toujours la résilience des écosystèmes. Face aux imprévus, qui sont inévitables, les systèmes non résilients peuvent s'effondrer à cause de leur vulnérabilité.

Les implications concrètes de ce qui précède sont les suivantes. Pour assurer la pérennité de l'environnement de la planète, l'écosphère, nous devons nous occuper des secteurs qui sont sous notre contrôle politique. Nous vivons et travaillons dans ces secteurs et ils constituent les unités de planification de la mise en œuvre des programmes de conservation. Dans la pratique, la pérennité doit être un concept régional basé sur le principe que les écosystèmes terrestres et aquatiques font partie intégrante d'un ensemble régional. Aucune étendue n'est à l'abri des influences extérieures; même les grands parcs nationaux doivent être considérés comme faisant partie des régions plus vastes qui les entourent. Rendre durable chaque exploitation agricole n'est peut-être pas réalisable, mais une région agricole durable où les matières et l'énergie circulent entre les exploitations est certainement possible. L'exploitation durable des forêts est également possible à l'échelle régionale en tant qu'activité structurée comprenant une série prédéterminée de soins culturaux et de récoltes appliqués à la mosaïque de terres forestières. Les eaux marines côtières doivent être préservées non pas baie par baie ou crèque par crèque, mais en tant que vastes écosystèmes régionaux composés d'éléments diversifiés; les Grands Lacs constituent un bon exemple à cet égard. Les villes font partie des écosystèmes régionaux dont elles sont tributaires et peuvent contribuer de façon constructive à leur pérennité.

ET MAINTENANT...

Il n'y a pas de véritable conclusion à tirer de ce chapitre. Toutefois, en étant sensibilisés à des idées et des points de vue différents et en sachant qu'il y en a encore beaucoup d'autres qui méritent notre attention, nous pouvons devenir plus réceptifs et découvrir ce dont nous avons besoin pour prendre des décisions et choisir une orientation respectueuses de l'environnement. Cette démarche semble plus facile si l'on considère l'ensemble de l'univers dans le contexte de l'écosphère et si l'on reconnaît que celle-ci renferme de nombreux écosystèmes plus petits et reliés. Les écozones du Canada décrites ici sont généralement considérées comme une base adéquate à partir de laquelle les processus écologiques dynamiques — dont font partie les activités humaines — peuvent être examinés.

Il est à espérer que les réflexions présentées dans ce texte et que les questions soulevées sont suffisamment nombreuses pour ouvrir la voie aux chapitres qui suivent. Ceux-ci renferment les renseignements les plus pertinents et les plus à jour pouvant être réunis sur l'état de l'environnement au Canada à l'heure actuelle. Il est clair que d'autres réflexions et d'autres recherches scientifiques sont nécessaires pour mieux comprendre les processus complexes et la dynamique des écosystèmes. Ce travail sera poursuivi par des chercheurs et des spécialistes de différents domaines. Cependant, nous ne pouvons pas repousser nos décisions jusqu'à ce que nous ayons une « connaissance parfaite ». Au moment de prendre des décisions, nous nous fondons sur la meilleure information à notre disposition. Ce livre, qui réunit une foule de renseignements sur l'environnement, vise à fournir un meilleur contexte pour la prise de décisions touchant le développement durable.

OUVRAGES CITÉS

Colby, M.E. 1990. *Environmental management in development: the evolution of paradigms*. Document de travail n° 80. Banque mondiale, Washington, DC.

Cole, L.C. 1958. « The ecosphere. » *Scientific American*, 198 : 83–92.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Daly, H.E., et J.B. Cobb, Jr. 1989. *For the common good: redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. Beacon Press, Boston.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1988. *Les Canadiens et l'énergie au seuil du XXI^e^ siècle*. Ottawa.

Fabun, D. 1967. *The dynamics of change*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Gould, S.J. 1989. *Wonderful life: The Burgess shale and the nature of history*. W.W. Norton & Company, New York.

Holling, C.S. 1986. « The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. » Pages 292–320 dans : Clark, W.C., et R.E. Munn (réd.). *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.

Kaufman, L., et K. Mallory (réd.). 1987. *The last extinction*. Publié en collaboration avec le New England Aquarium. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Kucera, C.L. 1973. *The challenge of ecology*. The C.V. Mosby Company, Saint-Louis, Missouri.

Lovelock, J.E. 1988. *The ages of Gaia*. W.W. Norton and Company, New York.

Mathews, J.T. 1992. « Allocution : Vers l'écodéveloppement : mettre l'information environnementale à la portée des décideurs. » Pages 23–28 dans : Gouvernement du Canada. Comptes-rendus du forum sur l'information environnementale. Forum international sur l'information environnementale pour le vingt et unième siécle, 21–24 mai 1991, Montréal.

Maxwell, K.E., G. Mansfield-Jones et D. Mansfield-Jones. 1985. *Environment of life*. Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, Californie.

McLaren, D.J. 1990. « Il est impensable de prétendre que nous pouvons " contrôler " la planète. » *Delta* (Bulletin du programme canadien des changements à l'échelle du globe), 1(1) : 11–12.

Mungall, C., et D. McLaren (réd.). 1990. *La Terre en péril*. Les Presse de l'Université d'Ottawa, Ottawa.

Rees, W.E. 1988. « Sustainable development: economic myths and ecological realities. » *Trumpeter*, 5(4) : 133–138.

Rowe, J.S. 1961. « The level-of-integration concept and ecology. » *Ecology*, 42 : 420–427.

Schumacher, E.F. 1973. *Small is beautiful – Une société à la mesure de l'homme*. Contretemps/Le Seuil, Paris.

Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. 1980. *Stratégie mondiale de la conservation*. Suisse.

Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich et P.A. Matson. 1986. « Human appropriation of the products of photosynthesis. » *BioScience*, 36(6) : 368–379.

Wiken, E. 1986. *Écozones terrestres du Canada*. Série de la classification écologique du territoire n° 19. Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Clark, W.C., et R.E. Munn (réd.). *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.

Davidson, A., et M. Dence (réd.). 1988. *The Brundtland challenge and the costs of inaction*. Institut de recherches politiques et Société royale du Canada, Ottawa.

Leopold, A. 1949. *A Sand County almanac*. Oxford University Press, New York.

Manning, E., B. Rizzo et E. Wiken. 1990. *Conservation strategies, sustainable development and climatic change*. Environnement Canada, Ottawa.

Margulis, L., et D. Sagan. 1986. *Microcosmos: four billion years of evolution from our microbial ancestors*. Summit Books, New York.

Odum, E.P. 1989. *Ecology and our endangered life-support systems*. Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts.

Rapport, D.J. 1989. « What constitutes ecosystem health? » *Perspectives in Biology and Medicine*, 33(1) : 120–132.

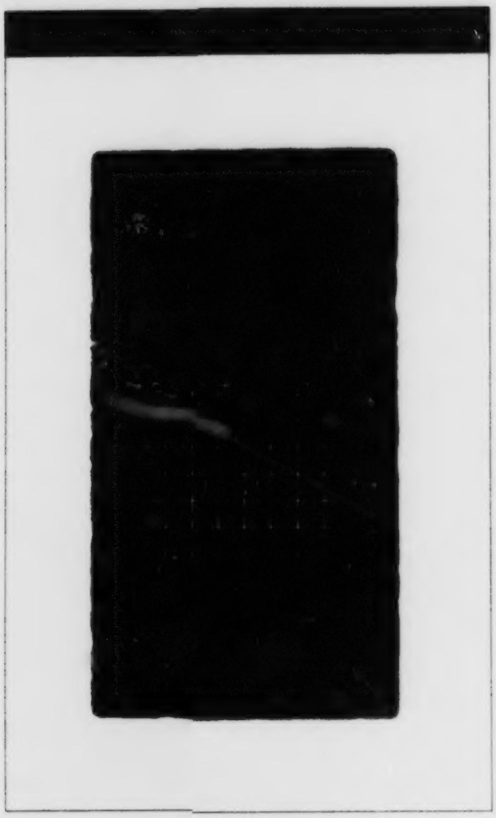
REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé à partir d'un manuscrit de J.S. Rowe, professeur émérite à l'Université de Saskatchewan (Saskatoon). Au fur et à mesure de l'ajout de nouveaux éléments au manuscrit, monsieur Rowe nous a offert son aide et ses conseils. Son esprit de discernement nous a permis de composer un texte qui donne matière à réflexion, et nous l'en remercions.

Ed Wiken, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a coordonné la préparation du chapitre; en collaboration avec J.D. Collinson, il a apporté des ajouts considérables au texte définitif.

Outre la révision assurée par tous les membres du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation a été effectuée à l'externe par D.J. McLaren, Société Royale du Canada (Ottawa), que nous remercions pour ses précieux conseils et pour ses informations complémentaires. J. Omernik, U.S. Environmental Protection Agency (Corvallis, Oregon), a également revu le manuscrit.

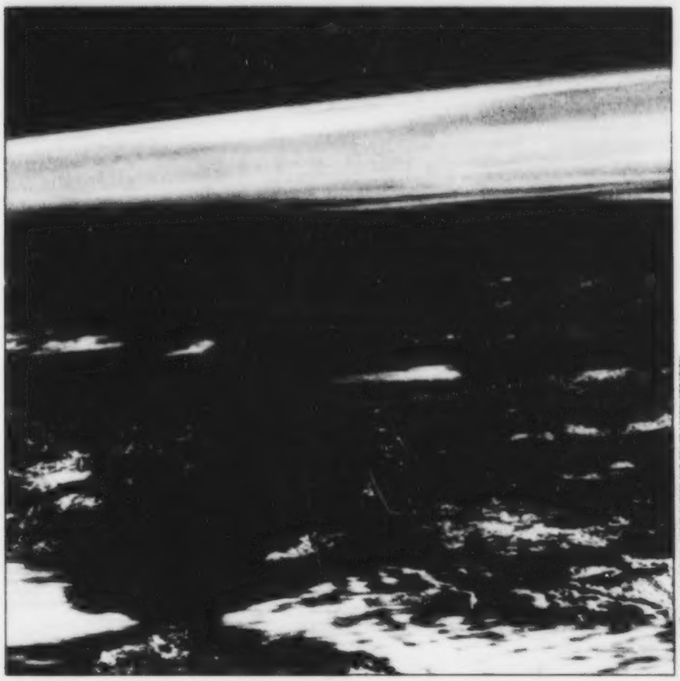
La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett, avec la collaboration de Susan Burns.



PARTIE II

ENVIRONNEMENT ET ACTIVITÉS HUMAINES

2



GRACIEUSETÉ DE LA NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

POINTS SAILLANTS

Les véhicules automobiles, les procédés industriels, le chauffage domestique, l'incinération des déchets et d'autres activités humaines courantes sont à l'origine des rejets de contaminants dans l'atmosphère. Des pratiques telles que le déboisement, réduisent la capacité des processus naturels de purifier l'atmosphère.

■

Le Canada a agi comme chef de file en adoptant des mesures de contrôle des substances comme les CFC, qui appauvrissent la couche d'ozone stratosphérique; toutefois, vu l'accumulation importante de substances qui appauvrissent la couche d'ozone et qui sont déjà présentes dans l'atmosphère ou qui pourraient être encore émises, l'ozone stratosphérique sera menacé pendant les décennies à venir.

■

Au Canada, le taux des émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines est l'un des plus élevés par habitant au monde. À moins que l'on adopte bientôt, des mesures à l'échelle du globe pour réduire ces émissions, il y aura vraisemblablement un réchauffement important de l'atmosphère de la planète. La hausse des températures pourrait être deux à trois fois supérieure à la moyenne globale dans de vastes régions de notre pays.

■

L'atmosphère peut transporter de nombreux contaminants sur de grandes distances, même dans le Haut-Arctique non industrialisé où flotte un smog brun appelé « brume arctique ».

■

Au Canada, des progrès considérables ont été accomplis dans la réduction des émissions de dioxyde de soufre qui acidifient les sols et les lacs et causent des dégâts aux plantes et aux animaux. Les émissions de soufre sont réduites grâce à des mesures fédérales-provinciales conjointes et d'initiatives de l'industrie. Les États-Unis ont récemment adopté des règlements qui devraient permettre de diminuer la contribution de ce pays au problème des dépôts acides au Canada.

■

Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) comprend une base nationale de données qui évalue la qualité de l'air dans les principaux centres urbains du Canada. Ce réseau assure la surveillance régulière des contaminants suivants : les particules en suspension (y compris le plomb), le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone de la basse troposphère. Les concentrations annuelles de la majorité des contaminants mesurés par le RNSPA ont diminué considérablement au cours des 15 dernières années et sont maintenant inférieures, pour la plupart, à la teneur maximale admissible. Le seul contaminant qui, mesuré régulièrement, dépasse la teneur maximale acceptable est l'ozone de la basse troposphère. En concentrations élevées, il peut diminuer le rendement des cultures et perturber la fonction pulmonaire chez les humains.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 2-4

La nature et le rôle de l'atmosphère . . . 2-4
La composition et la structure de l'atmosphère . . . 2-4
Comment l'atmosphère entretient la vie . . . 2-4

L'atmosphère en évolution . . . 2-6
Les changements naturels . . . 2-6
Les effets des activités humaines sur l'atmosphère . . . 2-8

Les répercussions locales . . . 2-8
La modification du paysage : les îlots thermiques urbains . . . 2-8
La contamination de l'atmosphère . . . 2-8
Les facteurs de la pollution atmosphérique locale . . . 2-8
La surveillance de la pollution locale . . . 2-9
Les concentrations des polluants courants dans les zones urbaines . . . 2-10
Les particules en suspension . . . 2-10
Le plomb . . . 2-12
Le monoxyde de carbone . . . 2-12
Le dioxyde de soufre . . . 2-12
Les oxydes d'azote . . . 2-13
L'ozone de la basse troposphère . . . 2-13
Ce que nous réserve l'avenir . . . 2-14

Les répercussions régionales . . . 2-15
Les dépôts acides : la gravité du problème au Canada . . . 2-16
Les écosystèmes vulnérables . . . 2-16
Les mesures canadiennes . . . 2-17
La brume arctique . . . 2-18

Les répercussions globales . . . 2-20
L'appauvrissement de la couche d'ozone . . . 2-20
Les substances destructrices de la couche d'ozone . . . 2-21
Les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone . . . 2-21
La réaction du Canada . . . 2-22
Le réchauffement global . . . 2-22
La hausse des concentrations de dioxyde de carbone . . . 2-23
Les autres gaz à effet de serre . . . 2-23
La projection des résultats . . . 2-23
Relever le défi . . . 2-24

La réponse au changement atmosphérique . . . 2-24

Ouvrages cités . . . 2-26

Pour de plus amples renseignements . . . 2-27

Remerciements . . . 2-27

Liste des encadrés

2.1 Les objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant 2-11
2.2 La surveillance régionale et globale de la chimie de l'atmosphère au Canada 2-18

Liste des figures

2.1 Structure verticale et profil des températures de l'atmosphère terrestre 2-5
2.2 Le mouvement des principaux éléments (carbone, azote, soufre et phosphore, p. ex.) dans l'écosphère 2-5
2.3 Sommaire des variations globales de la température sur trois échelles chronologiques : a) les 900 000 dernières années, b) les 10 000 dernières années, et c) les 1 000 dernières années 2-7
2.4 Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique en 1989 2-10
2.5 Tendances de la qualité de l'air au Canada, 1974–1989 2-12
2.6 Dispersion mondiale de la contamination radioactive depuis Tchernobyl 2-14
2.7 Acidité moyenne des précipitations, 1982–1987 2-15
2.8 Sources de la pollution de l'air arctique 2-17
2.9 Variations des teneurs hebdomadaires moyennes en sulfates atmosphériques à Alert, dans les Territoires du Nord-Ouest 2-18
2.10 Ozone total au-dessus de l'Antarctique : moyennes des écarts saisonniers de 1957 à 1977 pour quatre stations (île Argentina, Syowa, Halley Bay et pôle Sud) 2-20
2.11 Production globale de CFC-11 et de CFC-12, les CFC les plus courants, 1960–1987 2-21
2.12 Contribution relative des gaz à effet de serre au réchauffement global durant la dernière décennie 2-22
2.13 Émissions globales de dioxyde de carbone attribuables à la combustion de combustibles fossiles, 1860–1988 2-22
2.E1 Système à trois niveaux des objectifs de qualité de l'air au Canada 2-11
2.E2 Le réseau d'Environnement Canada de stations de surveillance des contaminants atmosphériques d'intérêt régional et global 2-19

Liste des tableaux

2.1 Différence entre les climats urbain et rural à Edmonton (Alberta) 2-9
2.E1 Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant au Canada 2-11
2.E2 Les liens entre les objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant et les effets sur la santé et l'environnement 2-13

> « Pour la première fois de mon existence, l'horizon m'est apparu comme une ligne courbe surmontée d'une mince pellicule de lumière bleu foncé, notre atmosphère. À l'évidence, ce n'était pas l'océan d'air dont j'avais entendu parler à maintes reprises. J'étais angoissé par sa fragilité apparente. »
>
> Ulf Merbold,
> astronaute ouest-allemand
> (propos rapportés dans
> Lyman et collab., 1990)

INTRODUCTION

À mesure que nous améliorons nos connaissances sur le système solaire et l'univers, nous devenons plus conscients que notre planète est une rare oasis de vie, la seule peut-être, au milieu du vaste désert cosmique. Maintes raisons expliquent pourquoi seule la Terre et pas une autre planète connue peut abriter des formes vivantes, l'une des principales étant qu'elle est enveloppée d'une atmosphère propice au développement de formes de vie complexes telles que nous les connaissons.

Il y a environ trois milliards et demi d'années, les algues photosynthétiques ont rejeté de l'oxygène libre dans le mélange gazeux qui entourait la Terre. Par la suite, des liens complexes d'interdépendance se sont établis entre l'atmosphère et les autres éléments de l'écosphère. C'est pourquoi tout changement de l'un de ces éléments a inévitablement des répercussions sur l'ensemble de l'écosphère. La vie sur la Terre est vulnérable aux modifications des conditions atmosphériques qui, bien qu'elles n'aient jamais été assez marquées pour supprimer toute vie, ont souvent été déterminantes pour la survie ou de la disparition de nombreux organismes et espèces.

Ces dernières années, nous avons commencé à comprendre comment les différentes fonctions de l'atmosphère et leurs processus inhérents influent sur la vie terrestre. Parallèlement, nous avons constaté que les activités humaines commencent à altérer ces processus de façon décisive et marquée. Ces changements ont certainement des répercussions sur le reste de l'écosphère, mais leur ampleur est encore inconnue. Si les changements sont mineurs et graduels, les écosystèmes peuvent s'y adapter assez facilement. Toutefois, s'ils sont majeurs et rapides, les écosystèmes de la Terre pourraient être soumis à des contraintes considérables encore inégalées, lesquelles pourraient confronter les populations de maintes parties du globe à de graves problèmes d'adaptation.

Les problèmes associés au changement atmosphérique actuel sont examinés dans le présent chapitre. Quelle est la nature de l'atmosphère et comment évolue-t-elle? Dans quelle mesure contribuons-nous à ces changements? Quels sont leurs effets sur les êtres humains? Et comment pouvons-nous réagir aux pressions qu'ils exercent?

LA NATURE ET LE RÔLE DE L'ATMOSPHÈRE

La composition et la structure de l'atmosphère

L'atmosphère est composée principalement d'azote et d'oxygène ainsi que de petites quantités d'argon et de vapeur d'eau auxquelles s'ajoutent d'autres gaz en quantités infimes, tels que le dioxyde de carbone et l'ozone. Elle est extrêmement ténue par rapport au rayon terrestre; ainsi, 80 % de sa masse est concentrée dans sa couche inférieure, la troposphère, dont l'épaisseur varie de 6 à 17 km selon la saison et la latitude à la surface du globe. La stratosphère, qui s'étend jusqu'à environ 50 km, représente 19 % de l'atmosphère. Le reste (1 %) forme la couche extérieure qui s'étend sur plusieurs centaines de kilomètres et se confond graduellement avec l'espace interplanétaire (figure 2.1).

Comment l'atmosphère entretient la vie

L'atmosphère est le principal réservoir d'oxygène libre de la planète; celui-ci régit, directement ou indirectement, le métabolisme des êtres vivants. L'atmosphère est également une importante réserve d'azote et joue un rôle clé dans la répartition du carbone et de l'hydrogène. Tous ces éléments sont les constituants de base de la quasi-totalité de la matière vivante. Les diverses formes de vie les transforment en hydrates de carbone, en protéines et en d'autres substances indispensables à leur survie; par le biais de l'élimination

et de la décomposition, ces diverses substances retournent finalement dans l'environnement où elles sont utilisées par d'autres organismes. En réalité, l'atmosphère est un entrepôt provisoire qui facilite l'échange d'éléments biochimiques essentiels entre les formes de vie et entre les générations (figure 2.2).

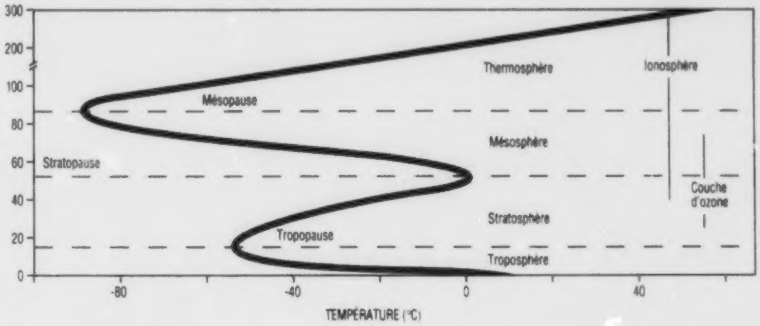
L'atmosphère joue un autre rôle vital : elle protège les formes vivantes contre les météorites (qui se consument généralement lorsqu'elles traversent l'atmosphère) et le rayonnement. Les rayons ultraviolets émis par le Soleil sont particulièrement nocifs pour les formes de vie terrestres. Longueurs d'onde invisibles à haute énergie, ils provoquent les banals coups de soleil mais ils peuvent également causer des cancers de la peau chez les humains et perturber de nombreux autres organismes, y compris les plantes agricoles et le plancton, élément clé des chaînes alimentaires marines.

Environ 8 % de l'énergie rayonnée par le Soleil se situe dans le domaine ultraviolet du spectre; toutefois, la plupart des longueurs d'onde les plus courtes et les plus dangereuses de l'ultraviolet (les UV-B et les UV-C) sont absorbées par l'ozone stratosphérique. L'ozone, une forme très réactive de l'oxygène, est composé de trois atomes moins stables que les deux atomes de l'oxygène. La « couche d'ozone », dont la concentration est maximale à une altitude de 25 ou 30 km, est formée par dissociation

FIGURE 2.1

Structure verticale et profil des températures de l'atmosphère terrestre

Quatre-vingt-dix-neuf pour cent de la masse totale de l'atmosphère se trouve dans la troposphère et la stratosphère. La couche chaude avec maximum de température au niveau de la stratopause est causée par l'absorption du rayonnement par l'ozone.

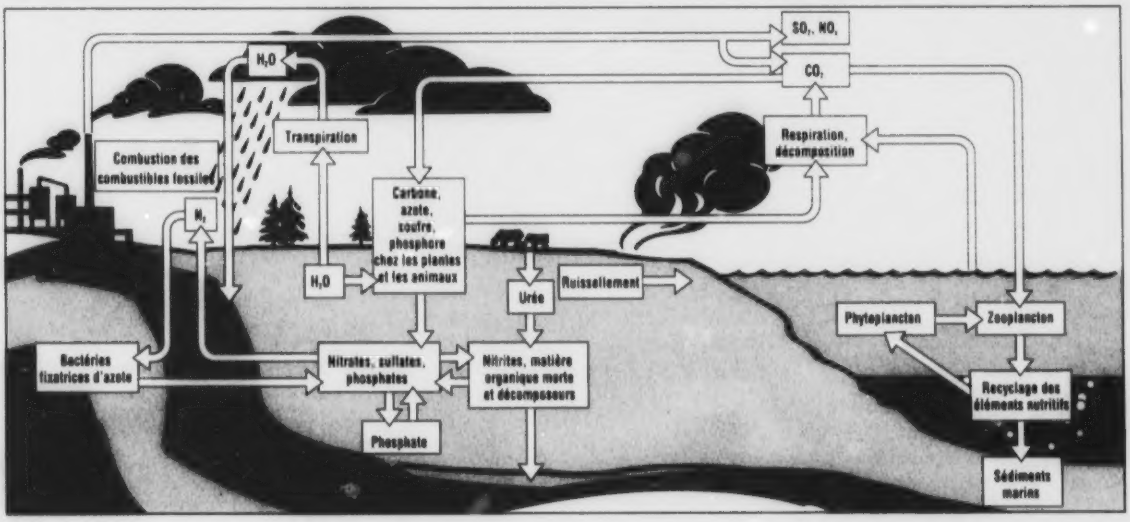


Source : National Aeronautics and Space Administration, 1988.

FIGURE 2.2

Le mouvement des principaux éléments (carbone, azote, soufre et phosphore, p. ex.) dans l'écosphère

L'atmosphère, qui est la composante la plus mobile de l'écosphère, facilite les échanges entre les organismes vivants et la matière non vivante, entre les formes de vie et entre les générations.



H_2O = eau; N_2 = azote; NO_x = oxydes d'azote; SO_2 = dioxyde de soufre; CO_2 = dioxyde de carbone.
Source : National Aeronautics and Space Administration, 1988.

des molécules d'oxygène par les rayons ultraviolets dans la stratosphère (pour plus de détails, voir le chapitre 23). Fait étonnant, la quantité d'ozone est minime. Si la couche d'ozone était une bande de gaz pur enveloppant le globe à la pression et à la température du niveau de la mer, elle aurait une épaisseur d'au plus 3 mm, soit l'équivalent de trois pièces de dix cents.

L'atmosphère entretient également la vie en maintenant les températures dans les étroites limites favorables au développement des formes de vie sur la majeure partie de la surface de la Terre. Certains gaz constituants, présents en quantité négligeable dans l'atmosphère, font que celle-ci agit comme un bouclier autour de la planète. Ces gaz sont dits « à effet de serre », car ils jouent pratiquement le même rôle que les parois vitrées d'une serre, c'est-à-dire qu'ils permettent à l'énergie solaire d'atteindre la surface terrestre, mais retardent le rayonnement infrarouge émis en retour.

L'effet isolant est produit principalement par la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone et, à un moindre degré, par d'autres gaz tels que le méthane, l'oxyde nitreux et l'ozone. Ces gaz composent une faible partie de l'atmosphère. La quantité de vapeur d'eau est variable, mais elle n'est jamais supérieure à 4 % du volume de l'atmosphère de la planète. À l'heure actuelle, la concentration de dioxyde de carbone avoisine 0,035 % en volume, et la proportion des autres gaz à effet de serre est encore plus faible. Néanmoins, ces quantités infimes suffisent à maintenir la température moyenne du globe à 15 °C. Sans leur présence, la température moyenne à la surface de la Terre plongerait à près de –18 °C, et la vie telle que nous la connaissons n'existerait pas.

Les vents et les conditions météorologiques sont également d'une importance primordiale. Les régions de basse latitude reçoivent beaucoup plus d'énergie solaire que les régions polaires, et cette différence entraîne les mouvements de l'atmosphère. Les vents redistribuent la chaleur autour du globe et transportent de l'humidité au-dessus des continents, rendant la vie possible un peu partout sur la planète. Cette même circulation redistribue également le dioxyde de carbone, le méthane, les polluants, etc.

Ces processus combinés régissent non seulement notre climat mais aussi notre culture. En fait, un peu partout dans le monde, la mode, l'architecture, les loisirs et l'économie des différents peuples sont influencés par les configurations atmosphériques moyennes.

Toutefois, à l'instar de nombreux mécanismes environnementaux, ceux de l'atmosphère sont souvent en équilibre précaire et peuvent être facilement perturbés. De fait, quelques-uns des principaux mécanismes — l'absorption du rayonnement ultraviolet dans la couche d'ozone et l'action isolante des gaz à effet de serre — dépendent de certains constituants présents en quantité infime dans l'atmosphère et, donc, parmi les plus vulnérables. L'atmosphère n'est pas seulement l'un des plus importants chaînons de la vie sur la Terre, mais aussi l'un des plus fragiles.

L'ATMOSPHÈRE EN ÉVOLUTION

Les changements naturels

L'évolution de l'atmosphère est un processus naturel continu qui s'échelonne normalement sur plusieurs époques géologiques. Les roches, les sols, les sédiments marins et lacustres et les calottes glaciaires polaires en portent les traces. Les roches et les formes de relief du Canada et d'autres régions nordiques témoignent de l'impact des grandes glaciations qui ont touché jusqu'à 30 % de la superficie des continents de la planète à diverses époques. Il y a à peine 15 000 ans, la quasi-totalité de notre pays était couverte de 2 000 à 4 000 m de glace. Néanmoins, les restes fossiles de séquoias et de cyprès faux-thuyas dans l'île Axel Heiberg laissent supposer que, il y a 45 millions d'années, le climat de l'Extrême Arctique était similaire à celui du sud des États-Unis aujourd'hui (Basinger, 1986)[1].

Durant les 10 000 dernières années, le climat de la Terre était sensiblement le même qu'aujourd'hui (figure 2.3). Des documents historiques font état de fluctuations climatiques plus récentes et assez fréquentes mais beaucoup moins importantes que les grandes oscillations climatiques des époques géologiques antérieures. Ainsi, entre le début du XV[e] siècle et la première moitié du XIX[e] siècle, les températures en Europe étaient inférieures de 1 °C en moyenne à celles du XX[e] siècle (Clark, 1982).

La cueillette et l'étude scientifiques des données météorologiques remontent à plus d'un siècle. Les relevés disponibles pour maintes parties du globe indiquent d'importantes fluctuations locales, régionales et mondiales. Ainsi, dans l'hémisphère Nord, les années 1880 ont été caractérisées par un temps particulièrement froid, tandis que les années 1930 et 1980 ont connu une chaleur exceptionnelle.

Quelles sont les causes du changement climatique? Le flux d'énergie dans l'atmosphère est dans un état d'équilibre dynamique : l'énergie solaire qui pénètre dans l'atmosphère est compensée dans le temps par l'énergie qui en sort. Toutefois, en cas de variation de la quantité d'énergie solaire pénétrant dans l'atmosphère ou de la vitesse à laquelle l'énergie traverse l'atmosphère, cette dernière s'ajuste pour maintenir l'équilibre. Les températures peuvent fluctuer et les modèles de circulation peuvent changer.

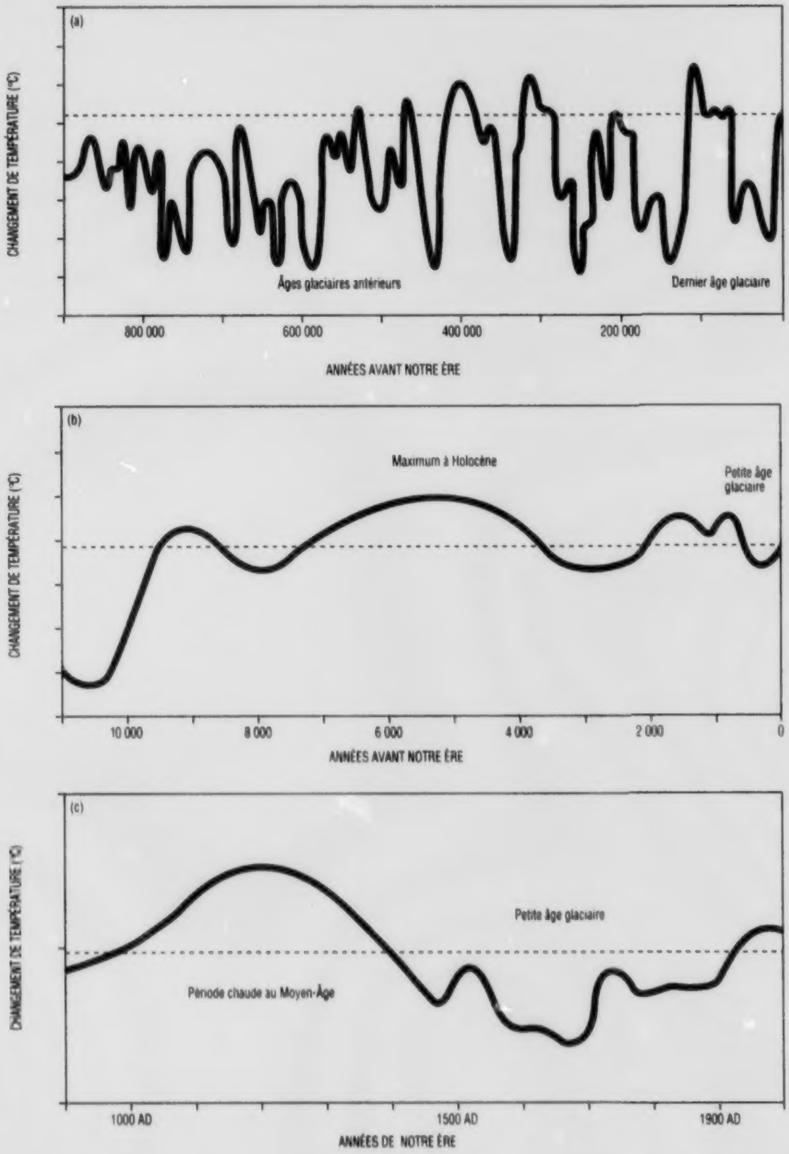
Par exemple, les études sur les variations climatiques portent à croire que les poussières et les gaz provenant des éruptions volcaniques ont peut-être joué un rôle déterminant dans la fluctuation des configurations atmosphériques au cours des 400 dernières années

[1] La dérive des continents ne saurait expliquer ce phénomène. Les continents ont dérivé au cours des 45 derniers millions d'années, mais leur déplacement n'a pas été assez grand pour provoquer un changement aussi extrême. Par exemple, l'île Axel Heiberg n'était éloignée que de quelques centaines de kilomètres de plus du pôle Nord lorsque ces forêts se sont établies.

FIGURE 2.3

Sommaire des variations globales de la température sur trois échelles chronologiques : a) les 900 000 dernières années, b) les 10 000 dernières années et c) les 1 000 dernières années

La ligne en pointillé représente les conditions vers le début du XXᵉ siècle. Chaque division de l'axe vertical represente un changement de température de 1° C. Au cours de la majorité des 900 000 dernières années, les températures globales moyennes étaient plus basses qu'aujourd'hui. Les températures ont avoisiné les valeurs actuelles durant les 10 000 dernières années.



Source : Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990*b*.

(Hammer et collab., 1980), car ces émissions peuvent réduire la quantité d'énergie solaire atteignant la surface de la Terre. Les fluctuations climatiques interannuelles — ou intermillénaires — font partie intégrante de ces processus et d'autres processus d'ajustement naturels.

Les changements plus marqués associés au début et à la fin des âges glaciaires nécessitent toutefois une autre explication. De l'avis de certains chercheurs, les changements récurrents de cet ordre sont reliés aux oscillations à long terme de l'orbite terrestre et aux variations consécutives de l'énergie solaire captée par la Terre (Berger, 1977). Bien que ces changements orbitaux puissent être corrélés avec les nombreuses variations climatiques des derniers millions d'années, les fluctuations du rayonnement solaire ne sont pas assez prononcées en elles-mêmes pour expliquer l'écart considérable de 5 à 7 °C de la température moyenne à la surface de la planète entre un âge glaciaire et un épisode interglaciaire. D'autres processus ont dû amplifier les effets et provoquer une variation de température beaucoup plus importante.

Il semble que des modifications dans la *composition* de l'atmosphère, plus précisément dans les teneurs en dioxyde de carbone et en méthane, aient fortement contribué à un changement aussi marqué (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990*a*). Des chercheurs ont porté sur graphique les concentrations de ces gaz à effet de serre au cours des 160 000 dernières années (ces concentrations ont été déterminées grâce à l'analyse des carottes de glace prélevées dans les calottes glaciaires polaires), et ont établi une corrélation significative entre les concentrations de gaz et les températures ambiantes. Les concentrations de dioxyde de carbone et de méthane dans l'atmosphère étaient faibles lorsque les températures étaient basses, et elles étaient fortes lorsque les températures étaient élevées. (Cette corrélation est illustrée à la figure 22.1.)

Les effets des activités humaines sur l'atmosphère

Jusqu'à une époque récente, le changement atmosphérique était presque entièrement attribuable aux phénomènes naturels. Toutefois, au cours des 200 dernières années, les activités humaines ont commencé à jouer un rôle de plus en plus considérable dans ce changement, en raison surtout de la révolution industrielle et de l'explosion démographique sans précédent de la race humaine.

La révolution industrielle, à laquelle sont associées l'utilisation de nouvelles formes d'énergie et l'organisation de l'activité économique, a permis aux humains d'accroître fortement leur productivité et de transformer leur environnement. À cause de l'industrialisation, les activités humaines rivalisent désormais avec les phénomènes naturels en ce qui a trait aux répercussions sur l'environnement.

En plus d'accroître grandement la consommation des ressources naturelles, les activités humaines produisent d'énormes quantités de substances qui ont des effets toxiques ou perturbateurs sur les processus et l'équilibre naturels. Certaines de ces substances, par exemple, le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote et les oxydes de soufre, sont présentes à l'état naturel mais en concentrations habituellement faibles en raison de leur dispersion dans l'atmosphère ou de leur transformation en d'autres substances. Toutefois, les processus naturels sont surchargés par les matières d'origine anthropique et celles-ci atteignent progressivement des concentrations dangereuses.

L'explosion démographique s'est conjuguée aux effets de la révolution industrielle. La population mondiale est passée de quelque 600 millions d'habitants au début du XVIII^e siècle à plus de 5 milliards d'habitants à l'heure actuelle. La demande accrue de ressources naturelles et les procédés industriels ont causé la dégradation et la destruction d'écosystèmes vitaux comme les forêts, qui sont essentiels aux processus atmosphériques.

En raison de leurs activités, les humains sont devenus les principaux responsables du changement atmosphérique, mais ce sont eux, également, qui ont le pouvoir de rectifier les choses. Les changements locaux, notamment le smog urbain, sont souvent les plus visibles. Toutefois, certains impacts ont dépassé ces frontières et sont maintenant ressentis à l'échelle régionale, voire mondiale.

LES RÉPERCUSSIONS LOCALES

Notre société modifie l'atmosphère de deux façons principales : en refaçonnant le paysage par diverses activités, notamment le déboisement et l'aménagement de zones bâties, et en polluant l'air. Les îlots thermiques urbains sont un exemple frappant de l'influence locale du premier type d'activités.

La modification du paysage : les îlots thermiques urbains

Au cours du processus d'urbanisation, de grandes surfaces d'asphalte, de béton et d'autres matériaux synthétiques apparaissent et contribuent fortement à réchauffer la ville en absorbant d'énormes quantités d'énergie solaire et en les réfléchissant dans l'atmosphère. Ces effets s'ajoutent à ceux des émissions thermiques d'autres sources telles que les véhicules et le chauffage des immeubles. De plus, certains polluants atmosphériques, dont les teneurs sont généralement plus élevées en milieu urbain, absorbent directement l'énergie solaire et dégagent de la chaleur. Le résultat net est que les températures de l'air en milieu urbain ont tendance à être un peu plus élevées que celles des campagnes environnantes. C'est ce que l'on appelle l'effet de « l'îlot thermique » urbain.

Les relevés météorologiques à long terme de stations appariées (l'une en milieu urbain et l'autre à l'extérieur de la ville) montrent comment l'effet de l'îlot thermique s'est intensifié avec l'urbanisation. Les différences actuelles peuvent être illustrées par les données provenant de deux stations météorologiques de la ville d'Edmonton. À l'aéroport municipal, qui est situé dans les limites de la ville, la température annuelle moyenne est actuellement supérieure d'environ 1,5 °C à celle enregistrée à l'aéroport international, qui se trouve à une vingtaine de kilomètres au sud, en pleine campagne (tableau 2.1). En hiver, l'aéroport international compte, en moyenne, 15 jours de plus où la température est inférieure à –20 °C.

Les effets de l'urbanisation sur le climat local ne se limitent pas seulement à la température ambiante. Les gratte-ciel favorisent la turbulence et la convection de chaleur au-dessus des villes, ce qui peut entraîner une plus forte nébulosité et une plus grande fréquence des précipitations, en particulier en été et sous le vent du noyau urbain. Les polluants particulaires agissent comme catalyseurs dans la formation des gouttelettes de pluie dans les nuages et contribuent donc à ce phénomène. À Edmonton, le nombre d'observations horaires où la visibilité est réduite par le brouillard, la fumée ou la brume est beaucoup plus élevé à l'aéroport municipal (tableau 2.1).

Les îlots thermiques urbains présentent certains avantages locaux pour les citadins. Les coûts de chauffage sont généralement plus faibles en hiver dans le centre-ville que dans les banlieues ou la campagne environnante, et les jardiniers amateurs bénéficient des avantages d'une saison de croissance plus longue et d'une plus faible probabilité de gel précoce. Toutefois, en période de canicule, l'inconfort dû à la chaleur est plus grand et les besoins de climatisation sont plus élevés.

La contamination de l'atmosphère

Les facteurs de la pollution atmosphérique locale

Les niveaux et les modèles de la pollution atmosphérique locale dépendent de nombreux facteurs, notamment :

- des propriétés physiques et chimiques des contaminants,

- des sources de contaminants,
- du relief local et
- des conditions météorologiques dominantes.

Dans les secteurs urbains, de nombreux contaminants atmosphériques atteignent des concentrations élevées. Toutefois, les zones rurales peuvent également être fortement contaminées : les polluants peuvent être transportés en aval des sources urbaines ou être produits localement par les grosses usines, les autoroutes très fréquentées et des activités comme l'épandage aérien de pesticides. Dans une région donnée, les niveaux de pollution peuvent varier considérablement durant une journée ou au cours de l'année, selon les émissions.

En raison des différences dans leurs propriétés physiques et chimiques, certains contaminants persistent plus longtemps dans l'atmosphère que d'autres. Ils peuvent donc être transportés loin de leur source et polluer des régions plus vastes, mais en concentrations toujours décroissantes.

La dispersion des polluants atmosphériques dépend des conditions météorologiques et du relief. La dispersion verticale est parfois limitée par les inversions de température (air chaud surmontant de l'air plus frais au niveau du sol) qui empêchent l'air contaminé des couches inférieures de se mélanger aux courants en altitude. Les obstacles topographiques qui agissent comme brise-vent peuvent également freiner la dispersion des contaminants. Par exemple, dans les environs de Whitehorse, les inversions de température accentuées par les montagnes de la région entraînent souvent des épisodes de très forte pollution due à la fumée de bois en hiver (Pulleyblank et Wile, 1988).

Dans les régions dépourvues d'importants obstacles topographiques, la dispersion horizontale des contaminants dépend largement de la vitesse et de la direction des vents. Si les vents sont faibles ou variables, les contaminants peuvent s'accumuler au-dessus des régions émettrices. Tel peut être le cas lorsque les systèmes météorologiques tardent à progresser vers l'est et qu'une masse d'air stagne au-dessus d'une région pendant plusieurs jours. Par contre, des vents plus forts peuvent régionaliser un problème de pollution locale, surtout si leur direction reste inchangée pendant des jours. Ainsi, dans l'est du Canada, les vents persistants du Sud peuvent pousser des contaminants provenant de régions très industrialisées, tels la vallée de la rivière Ohio et l'État de New York, jusque dans le sud de l'Ontario, au Québec et dans les Maritimes. Cette pollution s'ajoute à celle d'origine canadienne.

[illegible]

Différence entre les climats urbain et rural à Edmonton (Alberta)

L'aéroport municipal est situé à proximité du centre-ville d'Edmonton, tandis que l'aéroport international se trouve à 20 km au sud, au milieu de terres agricoles dégagées. Le tableau montre l'écart entre les deux endroits pour chaque paramètre. À l'évidence, le site urbain est plus chaud et moins ensoleillé et compte moins de jours de pluie, de neige et d'orage que le site rural.

Configurations atmosphériques	Aéroport municipal	Aéroport international
Température		
Minimum quotidien moyen de janvier	+2,8 °C	
Minimum quotidien moyen de juillet	+2,6 °C	
Moyenne quotidienne annuelle	+1,5 °C	
Degrés-jours annuels de chauffe[a] (<18 °C)		+507
Degrés-jours annuels de réfrigération[b] (>18 °C)	+39	
Nombre de jours <-20 °C		+15
Nombre de jours <-2 °C		+26
Ensoleillement		
Durée annuelle (heures)		+51
Précipitations (annuelles)		
Jours de pluie		+4
Jours de neige		+2
Jours d'orage		+5
Nombre d'observations horaires en janvier		
Poudrerie		+6
Brouillard	+49	
Fumée/brume	+20	
Visibilité <1 km	+ 7	
Vents		
Vitesse moyenne de janvier (km/h)		+0,4
Vitesse moyenne de juillet (km/h)	+2,4	
Calmes (%)		+2,8

[a] Les degrés-jours de chauffe sont une indication des besoins en énergie pour chauffer les locaux.

[b] Les degrés-jours de réfrigération sont une indication des besoins en énergie pour assurer le conditionnement ou le refroidissement de l'air à l'aide de climatiseurs, de ventilateurs ou d'autres moyens.

Source : Phillips, 1990.

La surveillance de la pollution locale

Un nombre considérable de données ont été recueillies sur les contaminants atmosphériques courants dans les villes canadiennes : les particules en suspension (y compris le plomb et le cœfficient de transmission), le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone et l'ozone. Les don-

FIGURE 2.4

Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique en 1989

Source : Environnement Canada, 1990*b*.

nées ne sont pas aussi nombreuses ni complètes pour les autres contaminants et les régions rurales. Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) a été créé en 1969 dans le cadre d'un projet fédéral-provincial conjoint. En 1989, le Réseau comptait environ 130 stations de surveillance de la qualité de l'air réparties dans plus de 50 villes canadiennes (figure 2.4) où habitent près de 70 % de la population. Les stations sont situées à des endroits stratégiques dans des zones industrielles, commerciales et résidentielles où la pollution de l'air pourrait poser un sérieux problème à la population et à l'environnement.

Des objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant ont été établis pour les polluants courants suivants : le dioxyde de soufre, les particules en suspension, le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone et l'ozone (voir l'encadré 2.1). Les stations du RNSPA surveillent continuellement les gaz mentionnés ci-dessus. Les quantités innombrables de données rassemblées sur chaque contaminant sont exprimées en moyennes annuelles et, pour traduire les courts intervalles de concentrations élevées, en moyennes (mobiles) de 24 h, 8 h et 1 h. L'air est aussi échantillonné tous les six jours pendant 24 h et soumis à des analyses des teneurs en particules totales en suspension, en plomb et en d'autres métaux lourds, ainsi qu'en sulfates et en nitrates. Certaines stations du RNSPA surveillent également d'autres polluants, y compris les composés organiques toxiques et les métaux. L'évaluation des tendances nationales en matière de qualité de l'air présentée ici se fonde sur les données du RNSPA pour les polluants courants suivants : les particules en suspension, le plomb, trois gaz de combustion majeurs (le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote) et l'ozone de la basse troposphère.

Les concentrations des polluants courants dans les zones urbaines

Les particules en suspension

Les particules en suspension comprennent une grande variété de substances;

en raison de leur petite taille, ces particules peuvent rester en suspension dans l'atmosphère pendant de longues périodes. Les particules d'origine naturelle incluent les poussières balayées par les vents, le sel des embruns, la fumée due aux incendies de forêt, le pollen et les cendres volcaniques. Parmi les particules d'origine anthropique, environ la moitié proviennent d'activités industrielles telles que l'exploitation des mines et des carrières et la fabrication de pâtes et papiers. Il existe d'autres sources importantes, notamment les centrales thermiques et les émissions des véhicules automobiles, ainsi que l'incinération des déchets industriels et urbains et le brûlage des déchets ligneux au cours des activités d'exploitation forestière (Environnement Canada, 1990*a*).

Les particules respirables, notamment celles qui sont assez petites pour pénétrer profondément dans les voies respiratoires, causent des problèmes de santé chez les êtres humains. Elles affaiblissent la fonction pulmonaire et aggravent les maladies pulmonaires et cardiovasculaires existantes (Ericsson et Camner, 1983). Les personnes souffrant de bronchopneumopathie obstructive chronique, les asthmatiques et les fumeurs, de même que les gens âgées et les enfants en très bas âge comptent parmi les personnes à risque élevé. En outre, les particules en suspension réduisent également la visibilité, causent des problèmes de souillure lorsqu'elles se déposent et entraînent la formation de polluants atmosphériques acides (aérosols acides).

Au Canada, les concentrations annuelles moyennes des particules totales en suspension sont inférieures à la teneur maximale acceptable depuis 1975 (figure 2.5). En valeurs absolues, elles ont diminué de 44 % entre 1974 et 1989. Cette amélioration est due à l'adoption de procédés moins polluants dans les installations industrielles et commerciales, à la tendance vers l'utilisation de sources d'énergie plus propres, comme le gaz naturel, et au nettoyage plus fréquent des rues.

ENCADRÉ 2.1

Les objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant

Un objectif de qualité de l'air est un énoncé de la concentration d'un polluant atmosphérique qui assure un certain degré de protection aux humains, aux autres organismes vivants et à la matière non vivante comme le sol et l'eau. Au Canada, le gouvernement fédéral établit les objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant d'après les recommandations du Comité consultatif fédéral-provincial sur la qualité de l'air créé à la fin des années 1960. Les gouvernements provinciaux peuvent les adopter comme objectifs provinciaux ou normes applicables dans leur province.

Le Canada a établi un système à trois niveaux pour ses objectifs nationaux de qualité de l'air (figure 2.E1). La « teneur maximale souhaitable » établie pour chaque polluant représente un objectif à long terme de qualité de l'air et sert également de fondement à toute politique visant à prévenir la dégradation des régions les moins polluées de notre pays. La « teneur maximale acceptable » est un niveau intermédiaire et vise à protéger adéquatement la santé et le bien-être de la population, le sol, l'eau, les végétaux, les animaux et les matériaux contre les effets de la pollution, et à prévenir une réduction de la visibilité. La « teneur maximale admissible » représente une teneur au-delà de laquelle il faut prendre des mesures immédiates pour protéger la santé de la population.

Au Canada, les objectifs de qualité de l'air (tableau 2.E1) correspondent généralement aux exigences de qualité de l'air de nombreux autres pays. On revoit actuellement ces objectifs et l'on examine la nécessité d'en établir pour d'autres polluants. Le tableau 2.E2 indique certains effets de différents niveaux de la qualité de l'air sur la santé et l'environnement.

FIGURE 2.E1

Système à trois niveaux des objectifs de qualité de l'air au Canada

Teneurs élevées en polluants

———————————— Teneur maximale admissible

Niveau admissible de qualité de l'air

– – – – – – – – – – – – Teneur maximale acceptable

Niveau acceptable de qualité de l'air

———————————— Teneur maximale souhaitable

Niveau souhaitable de qualité de l'air

Faibles teneurs en polluants

Source : Hilborn et Still, 1990.

TABLEAU 2.E1

Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant au Canada

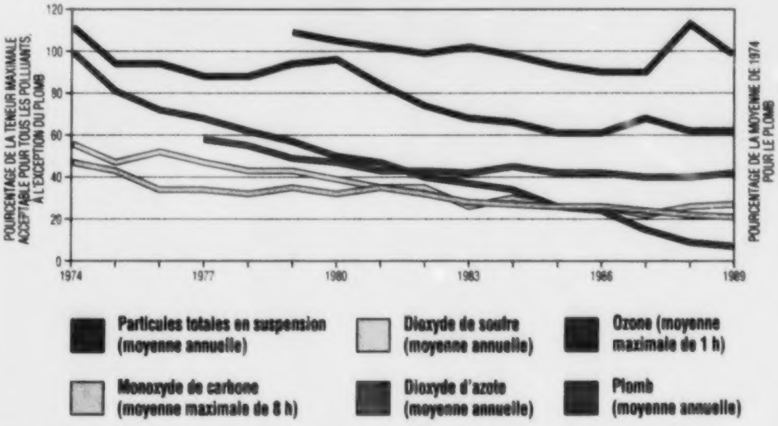
Polluant	Période	Teneur maximale souhaitable	Teneur maximale acceptable	Teneur maximale admissible
Dioxyde de soufre	1 an	11 ppb	23 ppb	—
	24 h	57 ppb	115 ppb	306 ppb
	1 h	172 ppb	344 ppb	—
Particules en suspension	1 an	60 µg/m³	70 µg/m³	—
	24 h	—	120 µg/m³	400 µg/m³
Ozone	1 an	—	15 ppb	—
	1 h	50 ppb	82 ppb	150 ppb
Monoxyde de carbone	8 h	5 ppm	13 ppm	17 ppm
	1 h	13 ppm	31 ppm	—
Dioxyde d'azote	1 an	32 ppb	53 ppb	—
	24 h	—	106 ppb	160 ppb
	1 h	—	213 ppb	532 ppb

Source : Environnement Canada, 1990a.

FIGURE 2.5

Tendances de la qualité de l'air au Canada, 1974–1989

Le graphique montre les concentrations annuelles moyennes de polluants pour toutes les stations du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), en pourcentage de la teneur maximale acceptable des Objectifs de qualité de l'air au Canada pour chaque polluant, à l'exception du plomb. Comme aucun objectif n'a été établi pour le plomb, les moyennes annuelles sont ajustées en fixant la valeur de 1974 à 100. Pour la majorité des polluants, la moyenne annuelle enregistrée à la station est indiquée; toutefois, les moyennes maximales de 8 h et 1 h, pour le monoxyde de carbone et l'ozone, respectivement, sont un meilleur indicateur des effets de ces polluants.
Les concentrations moyennes de polluants dans l'atmosphère ont généralement diminué au cours des 15 dernières années et se sont stabilisées dans certains cas durant les dernières années. Tous les indicateurs de polluants, à l'exception de l'ozone, se situent bien en deçà du niveau acceptable des objectifs de qualité de l'air. En 1988, le temps chaud et sec en été a contribué aux teneurs élevées en ozone enregistrées cette année-là.



Source : T. Furmanczyk, Environnement Canada, communication personnelle.

Le plomb

Dans l'atmosphère, le plomb est l'élément dominant d'un groupe de métaux lourds comprenant le mercure, le cadmium et le manganèse. Le plomb est un polluant très préoccupant, car il endommage de nombreux tissus et organes humains, dont le système nerveux, les reins et le système cardio-vasculaire, particulièrement chez les enfants (Hilborn et Still, 1990). Des effets nocifs ont été observés dans certains segments de la population dont le sang présentait des teneurs en plomb aussi faibles que 10 µg/dL; de l'avis de certains chercheurs, toute concentration de plomb, aussi faible soit-elle, peut être dangereuse.

Depuis 1974, les teneurs en particules de plomb ont diminué de 93 % (figure 2.5) en raison surtout de l'utilisation progressive des carburants sans plomb. L'élimination du plomb comme additif dans l'essence remonte au 1[er] décembre 1990, mais l'emploi d'essence à faible teneur en plomb sera encore autorisé dans des secteurs comme l'agriculture, la pêche commerciale et le camionnage, où la durabilité des moteurs a une grande importance. Les transports, qui étaient responsables d'environ les deux tiers des émissions nationales de plomb en 1982, ne comptaient plus que pour un tiers en 1987. De nos jours, l'industrie, en particulier l'extraction minière ainsi que la transformation et la fusion des métaux, est la principale source des émissions de plomb. Ces sources sont habituellement éloignées des régions très peuplées.

Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et très toxique qui résulte de la combustion incomplète d'une matière contenant du carbone. Il est naturellement présent à l'état de traces dans l'atmosphère. Environ 66 % des émissions nationales de monoxyde de carbone sont attribuables aux véhicules automobiles, et en particulier aux voitures et aux camions légers. La combustion de combustibles dans les sources fixes (p. ex., le chauffage des locaux) et l'industrie comptent pour environ 11 % des émissions. Les sources locales importantes peuvent comprendre la combustion du bois de chauffage et des déchets ligneux (p. ex., le brûlage des rémanents dans les opérations forestières) (voir aussi le chapitre 14).

Le monoxyde de carbone réduit la capacité des globules rouges du sang à transporter l'oxygène jusqu'aux tissus du corps. L'insuffisance d'oxygène, qui a des effets potentiellement mortels, peut survenir à des niveaux d'exposition chronique aussi faibles que 14 ppm, ou par suite d'une exposition de quelques minutes à des doses d'environ 5 000 ppm (Hilborn et Still, 1990). Les personnes souffrant de troubles cardiaques ou circulatoires, de même que les fumeurs et les anémiques, comptent parmi la population à haut risque.

Les concentrations maximales de 8 h, qui donnent de meilleures indications des effets du monoxyde de carbone sur la santé que la moyenne annuelle, sont présentées à la figure 2.5. En 1974, la concentration moyenne établie dans l'ensemble du réseau était inférieure de 50 % à la teneur maximale acceptable de 8 h; elle a diminué encore de 63 % en 1989. Depuis 1983, la teneur maximale acceptable n'a pas été dépassée à au moins 90 % des stations et, en 1989, deux stations seulement, l'une à Calgary et l'autre à Regina, ont enregistré des concentrations supérieures au maximum acceptable (T. Furmanczyk, Environnement Canada, comm. pers.).

Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore qui dégage une odeur forte et âcre. Les deux tiers des émissions canadiennes sont attribuables aux procédés industriels, notamment la transformation du pétrole et du gaz et la fusion des minerais riches en soufre. L'autre tiers est principalement le résultat de la combustion de charbons sulfurifères ou de pétrole lourd, notamment dans les centrales thermiques (Environnement Canada, 1990*a*).

Dans l'atmosphère, le dioxyde de soufre se combine à l'oxygène et à l'eau pour former l'acide sulfurique, princi-

pal constituant des dépôts acides (pour une analyse plus détaillée, voir « Les dépôts acides : la gravité du problème au Canada » dans le présent chapitre, et le chapitre 24). Chez les humains, une exposition à l'acide sulfurique peut réduire la fonction pulmonaire et entraîner éventuellement une maladie pulmonaire chronique. Une corrélation a été établie entre une exposition chronique ou à long terme et l'incidence accrue des maladies respiratoires telles que la bronchite, notamment chez les jeunes enfants (Dodge, 1983).

Avant 1974, les concentrations de dioxyde de soufre étaient légèrement inférieures à 60 % de la teneur maximale acceptable; de 1974 à 1989, la teneur annuelle moyenne a diminué de plus de 50 % par rapport à cette valeur à toutes les stations du RNSPA (figure 2.5). Cette amélioration est due en grande partie à l'élimination des combustibles à forte teneur en soufre, à l'amélioration des procédés industriels et à une réglementation plus sévère des émissions industrielles. Plus de 90 % des stations ont enregistré des moyennes annuelles inférieures à la teneur maximale acceptable de 23 ppb, sauf dans certaines zones industrielles.

Les oxydes d'azote

Si l'on exclut la vapeur d'eau, l'azote et l'oxygène composent 99 % de notre atmosphère. Ces éléments se combinent pour former une variété de gaz lors de processus et de phénomènes naturels tels que l'action des bactéries dans le sol, la foudre, l'activité volcanique et les incendies de forêt. L'oxyde nitrique d'origine anthropique provient surtout des procédés de combustion à haute température. Au Canada, les deux tiers environ des émissions d'oxydes d'azote sont attribuables aux transports et, presque tout le reste, à la combustion de combustibles dans les centrales électriques, les résidences et les établissements commerciaux et industriels. Le dioxyde d'azote, qui résulte de l'oxydation de l'oxyde nitrique et qui contribue à la formation du smog, est particulièrement préoccupant.

Les personnes asthmatiques et bronchitiques peuvent développer une sensibilité accrue des voies respiratoires lorsque les teneurs en dioxyde d'azote dépassent la teneur maximale admissible d'une heure établie à 532 ppb (Environnement Canada, 1990*a*). Des niveaux d'exposition plus élevés peuvent inhiber la croissance de la végétation (Thompson et collab., 1970; Ashenden et Mansfield, 1978), corroder les métaux et dégrader les fibres textiles, les produits en caoutchouc et les polyuréthanes (National Academy of Sciences, 1979).

De 1977 à 1989, les concentrations annuelles moyennes de dioxyde d'azote ont diminué de 32 %, en majorité durant les quatre ou cinq premières années de cette période (figure 2.5). Cette tendance à la baisse se serait maintenue, n'eût été l'accroissement rapide du parc automobile. Aucune station n'a dépassé la teneur annuelle maximale acceptable depuis 1977.

L'ozone de la basse troposphère

Près de 90 % de l'ozone terrestre se rencontre dans la stratosphère où il absorbe les longueurs d'onde les plus dangereuses des rayons ultraviolets émis par le Soleil. L'ozone est aussi naturellement présent en faibles concentrations dans la basse troposphère.

TABLEAU 2.[illegible]

Liens entre les objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant et les effets sur la santé et l'environnement

Polluant	Plage de bonne qualité (0-maximum souhaitable)	Plage de qualité passable (maximum souhaitable–maximum acceptable)	Plage de mauvaise qualité (maximum acceptable–maximum admissible)	Plage de très mauvaise qualité (au-dessus du maximum admissible[a])
Dioxyde de soufre	Aucun effet	Dommages accrus à certaines espèces végétales	Odeur perceptible. Dommages et sensibilité accrus chez les végétaux	Sensibilité accrue des asthmatiques et des bronchitiques
Particules en suspension	Aucun effet	Diminution de la visibilité	Diminution de la visibilité. Souillure	Sensibilité accrue des asthmatiques et des bronchitiques
Ozone	Aucun effet	Dommages accrus à certaines espèces végétales	Diminution du rendement chez certains athlètes faisant beaucoup d'efforts	Efforts légers peuvent avoir des effets chez des personnes souffrant de maladies pulmonaires chroniques
Monoxyde de carbone	Aucun effet	Aucune altération décelable, mais modification des propriétés chimiques du sang	Symptômes cardio-vasculaires accrus chez les fumeurs souffrant de troubles cardiaques	Symptômes cardio-vasculaires accrus chez les non-fumeurs souffrant de troubles cardiaques. Altération de la vue
Dioxyde d'azote	Aucun effet	Odeur perceptible	Odeur et altération de la couleur de l'atmosphère. Réactivité bronchique accrue chez les asthmatiques	Sensibilité accrue des asthmatiques et des bronchitiques

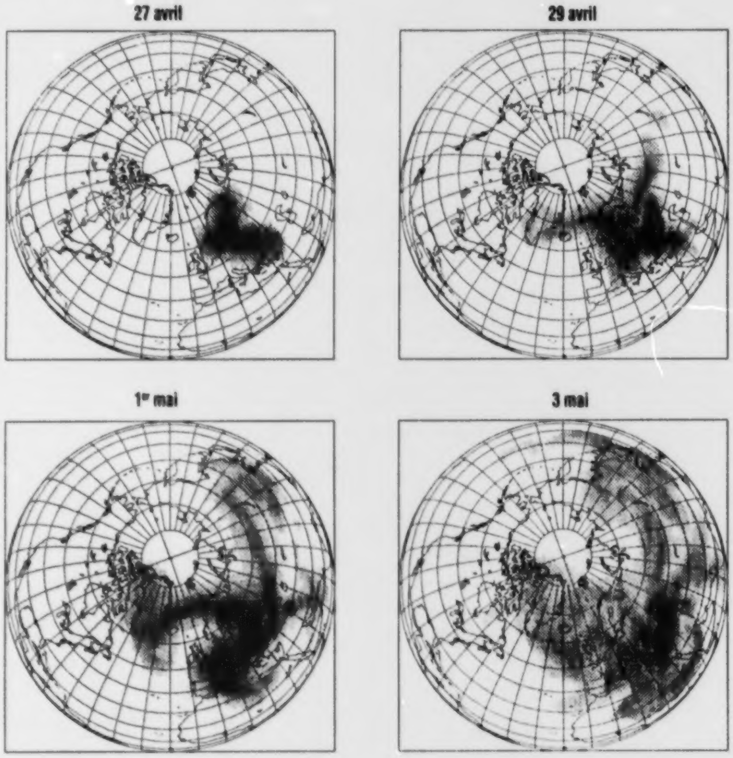
[a] La limite supérieure de la plage de très mauvaise qualité n'est pas définie. Les symptômes seraient plus graves que ceux indiqués ici si ces contaminants atteignaient des concentrations extrêmement élevées.

Source : Environnement Canada, 1990a.

FIGURE 2.6

Dispersion mondiale de la contamination radioactive depuis Tchernobyl

L'accident s'est produit le 26 avril 1986. Le 3 mai, la contamination radioactive provenant du réacteur endommagé s'était répandue sur la moitié de l'hémisphère nord.



Source : Pudykiewicz, 1990.

C'est un polluant secondaire en ce sens qu'il ne résulte pas directement des activités humaines. Il se forme lorsque la lumière solaire réagit avec l'air contaminé par les composés organiques volatils et les oxydes d'azote. De fortes concentrations supérieures à la teneur maximale acceptable d'une heure peuvent s'accumuler dans les trois conditions suivantes : température élevée de l'air accompagnée d'un ensoleillement direct; présence de composés organiques volatils et d'oxydes d'azote; et stagnation des masses d'air pendant plusieurs jours. Au Canada, ces conditions sont habituellement observées entre les mois de mai et d'août seulement, dans les villes et les régions d'aval adjacentes où les émissions des véhicules automobiles représentent la principale source de polluants précurseurs (voir le chapitre 13).

Chez les êtres humains, l'ozone peut entraîner une réduction de la fonction pulmonaire. Les poumons des enfants sont particulièrement vulnérables (Lippmann et collab., 1983). Bien que les effets sur la santé paraissent reliés à une brève exposition à de fortes concentrations d'ozone, la végétation semble plus vulnérable à des doses plus faibles pendant une plus longue période. Les dommages causés à de nombreuses formes végétales ont été étayés. Le rendement de certaines cultures soumises à des concentrations moyennes d'ozone de 40 à 50 ppb pendant une saison de croissance a diminué jusqu'à 12 % en Ontario (Hilborn et Still, 1990).

En raison de l'importance, pour la santé, de courtes expositions à de fortes concentrations d'ozone, la figure 2.5 présente les valeurs maximales d'une heure plutôt que la moyenne de huit heures ou la moyenne quotidienne. Depuis 1979, les teneurs moyennes sont restées voisines de la teneur maximale acceptable. Malgré une diminution générale entre 1979 et 1987, des teneurs maximales records ont été enregistrées dans l'est du Canada au cours de l'été exceptionnellement chaud de 1988. Par exemple, à une station de la banlieue torontoise de North York, la teneur maximale acceptable d'une heure a été dépassée à 157 reprises. Si un réchauffement global se produit au cours des prochaines décennies et si les émissions de composés organiques volatils et d'oxydes d'azote ne sont pas réduites, ces épisodes de forte pollution par l'ozone se poursuivront vraisemblablement.

Ce que nous réserve l'avenir

À certains égards, l'air que nous respirons au Canada est maintenant moins pollué qu'il y a 20 ans. Cela tient en partie aux programmes fédéraux et provinciaux touchant la réduction des polluants courants émis par les industries et les transports et à la réaction de l'industrie à ces programmes. Toutefois, d'autres facteurs entrent en ligne de compte. Les crises énergétiques combinées à l'incertitude entourant la pérennité des combustibles fossiles ont obligé notre société à se tourner vers d'autres sources d'énergie comme l'énergie solaire, et à préserver les sources traditionnelles d'énergie par la fabrication de véhicules plus petits et moins énergivores et par la mise au point de procédés industriels et la construction de maisons ayant un plus haut rendement énergétique.

À d'autres égards, l'amélioration de la qualité locale de l'air a marqué peu de progrès, sinon aucun. C'est le cas,

notamment, des teneurs en oxydes d'azote et de l'ozone. Comme les oxydes d'azote et les composés organiques volatils contribuent à la formation de l'ozone de la basse troposphère, un plan d'action approuvé par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (1990) indique comment réduire les émissions.

Enfin, bon nombre d'autres substances rejetées dans l'atmosphère ne font l'objet d'aucune surveillance régulière ou nationale. Les coûts de surveillance seraient excessifs et les objectifs de qualité de l'air ambiant pour ces substances n'ont pas encore été établis. Bien que des programmes nationaux de collecte de données ne soient peut-être pas économiquement rentables ni justifiés pour maintes substances, d'autres recherches devront être faites pour nous aider à mieux comprendre la menace réelle et potentielle que ces substances représentent pour la santé humaine et l'environnement. (Les chapitres 13 et 21 contiennent des informations sur certaines de ces substances.)

LES RÉPERCUSSIONS RÉGIONALES

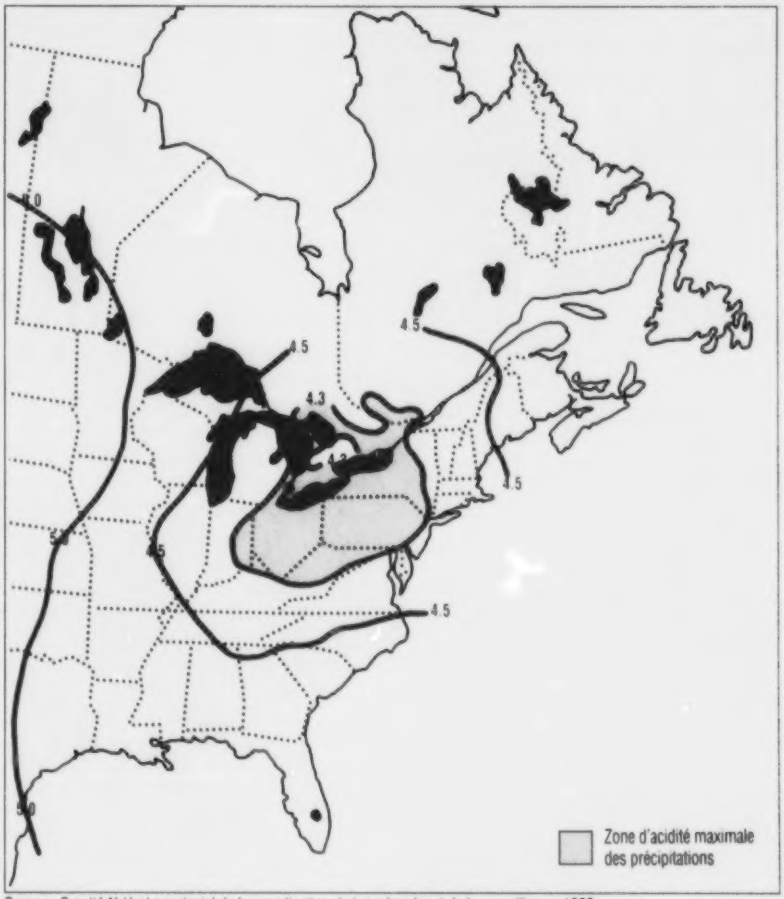
À tout moment, des millions de tonnes de matières solides, liquides ou gazeuses sont transportées autour du globe par le biais de la circulation atmosphérique. Cette charge atmosphérique, détectée par les réseaux de surveillance régionale et globale (voir l'encadré 2.2), parcourt communément des milliers de kilomètres depuis sa source. Ainsi, en 1986, des particules radioactives associées à l'accident de Tchernobyl avaient fait le tour de la Terre moins de deux semaines après l'accident (figure 2.6).

En raison de sa capacité de transport, l'atmosphère est un agent important du transfert de la pollution d'une région à une autre. Ce processus, appelé transport à grande distance des polluants atmosphériques, dépend de la capacité de certains polluants à rester dans l'atmosphère pendant de longues périodes sans se décomposer ni perdre de leur nocivité.

FIGURE 2.7

Acidité moyenne des précipitations, 1982–1987

On note une certaine variabilité interannuelle, mais l'acidité n'a pas varié dans l'ensemble. L'acidité maximale moyenne a été mesurée dans la pluie et la neige tombant dans le sud et l'est de l'Ontario et dans le sud-ouest du Québec.



Source : Comité fédéral-provincial de la coordination de la recherche et de la surveillance, 1990.

Les composés de soufre et d'azote, les pesticides chlorés et les particules de métaux tels que le mercure et le plomb, par exemple, possèdent ces propriétés. Même en suspension dans l'air, certaines de ces substances se lient aux gouttelettes d'eau, aux particules de poussière et à d'autres matières. D'autres subissent des réactions chimiques dont sont issus de nouveaux polluants. Ces matières finissent par retomber sur la Terre sous forme de précipitations (dépôts humides) ou de matières sèches (dépôts secs). Les régimes de circulation et les précipitations déterminent l'endroit où se déposeront ces matières. Le dépôt continu de polluants peut entraîner l'accumulation de concentrations nocives de ces substances ou de leurs sous-produits dans les sols, les sédiments, l'eau et les tissus vivants.

À cause du transport à grande distance des polluants atmosphériques, des substances dangereuses peuvent se déposer dans des régions situées à des centaines ou des milliers de kilomètres de leur source. L'atmosphère est donc le principal vecteur de la pollution des écosystèmes éloignés de l'Arctique

(voir le chapitre 15); la majorité des BPC qui pénètrent dans les lacs Supérieur, Michigan et Huron sont d'origine atmosphérique (voir le chapitre 18). Parmi tous les problèmes associés au transport à grande distance des polluants atmosphériques, le plus connu et l'un des plus graves est celui des précipitations acides, qu'il est plus exact d'appeler dépôts acides.

Les dépôts acides : la gravité du problème au Canada[2]

Depuis plus d'un siècle, les chercheurs savent que certains procédés industriels peuvent acidifier la pluie et la neige. Toutefois, ce n'est que depuis la fin des années 1960 que l'on a commencé à prendre conscience des répercussions globales de cette acidification sur l'environnement. On s'est d'abord intéressé aux effets des dépôts acides (secs et humides) sur les écosystèmes aquatiques dulcicoles. Les œufs et les larves des poissons et nombre d'autres organismes aquatiques sont particulièrement sensibles aux variations de l'acidité. De nos jours, des milliers de lacs de l'est de l'Amérique du Nord entretiennent peu de formes de vie, voire aucune, en raison des dépôts acides.

Ce phénomène a également été relié à divers autres problèmes, y compris le dépérissement croissant des forêts en Europe et en Amérique du Nord. Des essences vulnérables comme le pin blanc présentent des dommages aigus en quelques heures lorsqu'elles sont exposées à des concentrations de dioxyde de soufre de 25 à 30 ppb à peine (Comité consultatif fédéral-provincial de la qualité de l'air, 1987). À plus long terme, le dioxyde de soufre entraîne le jaunissement des feuilles et, en milieu urbain, les dépôts acides ont accéléré la détérioration des immeubles et d'autres ouvrages. Les polluants peuvent également nuire à la santé humaine. Les dépôts acides augmentent la concentration de métaux toxiques, tels le mercure et l'aluminium, qui pénètrent dans l'eau et dans la chaîne alimentaire, et les acides présents dans l'atmosphère réduisent la fonction pulmonaire et augmentent les risques de maladies respiratoires.

[2]Voir le chapitre 24 pour une analyse plus détaillée.

Les écosystèmes vulnérables

L'acidité est mesurée sur l'échelle du pH, où une baisse d'une unité correspond à une variation dix fois plus grande de l'acidité. Un pH de 1,0 indique une très forte acidité et un pH de 7,0, une solution neutre. Une pluie « pure », non polluée par des contaminants d'origine anthropique, contient toujours des acides naturels et est donc légèrement acide; son pH oscille entre 5,0 et 5,6.

Dans toutes les régions du sud du Canada situées à l'est de Thunder Bay, les précipitations ont maintenant un pH généralement inférieur à 5,0 (figure 2.7); des valeurs inférieures à 3,0, soit à peu près l'acidité du vinaigre dilué, ont été enregistrées (Comité fédéral-provincial de la coordination de la recherche et de la surveillance, 1990). Cette pluie contaminée menace les écosystèmes dulcicoles. Lorsque le pH des lacs et des cours d'eau descend sous 6,0, des espèces particulièrement vulnérables, telles l'écrevisse et l'éphémère, présentent des signes de détérioration et peuvent même disparaître. Les poissons ne peuvent vivre lorsque le pH est inférieur à 4,5.

Au Canada, les dépôts acides (secs et humides) résultent principalement des émissions de dioxyde de soufre dont la majeure partie provient de la combustion du charbon sulfuré et de la transformation des minerais sulfurés. Le dioxyde de soufre peut rester dans l'air pendant de nombreux jours au cours desquels il s'oxyde pour former des sulfates qui se combinent à l'eau dans l'air et produisent l'acide sulfurique avant de se déposer. Même lorsque les particules de sulfate ne se combinent pas avec l'eau, elles peuvent retomber sur la Terre et former de l'acide sulfurique dans les eaux de surface. Les oxydes d'azote, qui réagissent avec l'eau dans l'atmosphère et forment l'acide nitrique, sont d'autres sources de dépôts acides. Ces oxydes sont émis par toutes les sources de combustion, notamment les automobiles et les centrales alimentées au charbon.

Les dépôts acides ont des effets qui varient selon l'endroit où ils tombent. Les milieux contenant des alcalis naturels comme le calcaire neutralisent l'acide avant qu'il ne cause des dommages importants aux écosystèmes. Dans les régions comme le sud-ouest de l'Ontario ou les Prairies, caractérisées par une abondance de calcaire ou la prédominance de sols alcalins, les lacs et les cours d'eau sont plus résistants à l'acidification. Toutefois, les régions où les roches granitiques prédominent sont très vulnérables aux dépôts acides (voir la figure 24.8). Au Canada, près de 45 % des terres ont un faible pouvoir tampon (Environnement Canada, 1988).

Les sols et les sédiments peu azotés tolèrent assez bien les nitrates, car ceux-ci sont rapidement assimilés et utilisés comme éléments nutritifs par les plantes. Vu que la majeure partie des milieux canadiens appartiennent à ce type, les nitrates n'ont pas encore été considérés comme un facteur aussi important que les sulfates dans l'acidification des eaux de surface et souterraines du pays. Néanmoins, l'accumulation persistante de nitrates pourrait finalement accroître la teneur en azote de ces sols et diminuer l'efficacité du processus de neutralisation naturelle. Ce phénomène est peut-être déjà en cours en Norvège où des teneurs croissantes en nitrates ont été détectées dans certains lacs (Norwegian State Pollution Control Authority, 1987).

De graves problèmes de dépôts acides surviennent lorsque les régimes de circulation atmosphérique relient des sources majeures de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote et des régions caractérisées par un faible pouvoir tampon. En Amérique du Nord, la principale source émettrice est le centre industriel du continent qui entoure le bassin inférieur des Grands lacs et la vallée de la rivière Ohio. Les fonderies de la région minière du centre de l'Ontario sont une autre source importante. Au milieu des années 1980, l'est du Canada a produit à lui seul 4,6 millions de tonnes de dioxyde de soufre. Le flux dominant de l'Ouest et du Sud-Ouest transporte ces polluants dans le

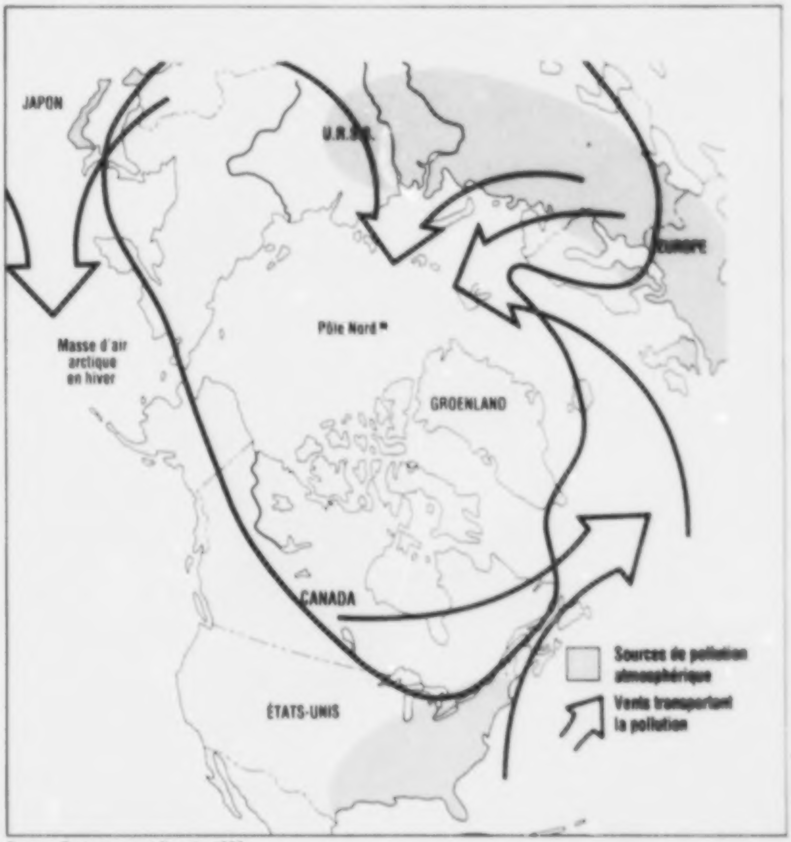
sud et le centre de l'Ontario, le sud du Québec et les Maritimes. Une grande partie des terres situées sur cette trajectoire sont vulnérables à l'acidification. De même, les tempêtes qui remontent la côte est américaine poussent les polluants des États de la côte et les déversent sur le Canada atlantique.

Les conditions météorologiques hivernales posent un autre problème au Canada. Comme la plus grande partie des précipitations en hiver tombe sous forme de neige, les acides peuvent s'accumuler dans la neige au sol pendant des mois. Lorsque la neige fond au printemps, elle libère un flux acide dans les cours d'eau et les lacs avoisinants; c'est ce qu'on appelle le choc acide. La hausse soudaine de l'acidité surprend certaines espèces aquatiques au moment où elles sont le plus vulnérables, c'est-à-dire pendant le frai ou dans les premiers stades de la vie de la nouvelle progéniture. Ainsi, de nombreux œufs ne réussissent pas à éclore ou produisent des embryons difformes.

FIGURE 2.8

Sources de la pollution de l'air arctique

La pollution de l'air arctique atteint son maximum en hiver, les polluants s'accumulant dans le réservoir d'air froid au-dessus du pôle Nord. Les vents d'hiver transportent la pollution surtout à partir de l'U.R.S.S. et de l'Europe, des quantités moindres venant de l'Amérique du Nord, de la Chine et du Japon.



Source : Environnement Canada, 1989

Les mesures canadiennes

Depuis 1970, les émissions de dioxyde de soufre ont considérablement diminué au Canada et aux États-Unis. Dans la région d'Algoma, en Ontario, certains lacs ont rapidement réagi à une baisse des dépôts de sulfates. Avec la hausse du pH au-dessus de 5,5, deux lacs autrefois dépourvus de poissons ont à ce point récupéré qu'ils ont été peuplés par des stocks des environs (Kelso et Jeffries, 1988). De même, une étude du lac Clearwater, près de Sudbury, en Ontario, a révélé que, lorsque les émissions de dioxyde de soufre ont diminué de 50 % dans la région entre 1973 et 1985, l'acidité de l'eau est passée de 4,1 en 1977 à 4,7 en 1986 (Dillon et collab., 1986).

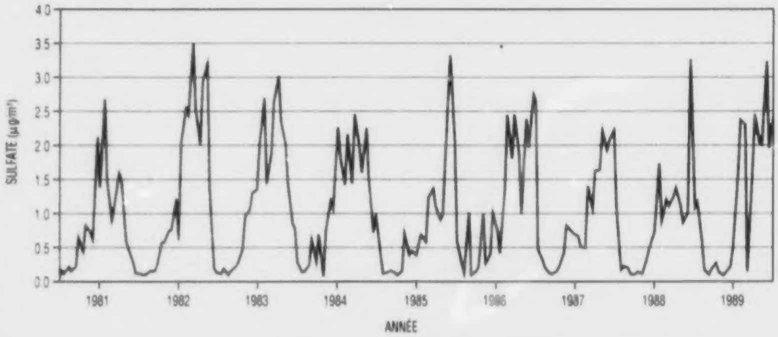
L'amélioration des conditions est le résultat de deux décennies d'efforts déployés par les autorités canadiennes au pays et à l'étranger. En 1985, le Canada, les États-Unis et l'Union soviétique ont convenu, en principe, de réduire de 30 % les émissions de dioxyde de soufre. Le gouvernement du Canada a immédiatement pris une mesure positive en signant avec les gouvernements des sept provinces de l'Est une entente visant à réduire les émissions à 50 % des niveaux de 1980 d'ici 1994. Cette entente prévoit la réduction des émissions à une charge cible (c.-à-d. la quantité de dépôt par surface unitaire) de 20 kg/ha par année de sulfate. La superficie où la charge cible de 20 kg/ha par année est dépassée a diminué depuis 1980; les améliorations les plus marquées se sont produites dans la région de l'Atlantique.

Néanmoins, de vastes étendues de l'est du Canada restent exposées à des taux destructeurs de dépôts de sulfates. Même les régions où la charge cible de 20 kg/ha/an n'a pas été dépassée peuvent être exposées à d'autres dommages. Des études ont montré que des charges de sulfates de 8 à 12 kg/ha par année seulement peuvent endommager les écosystèmes plus fragiles. Toutefois, en 1990, les États-Unis se sont engagés à réduire de 50 % leurs propres émissions de dioxyde de soufre au cours des dix prochaines années, ce qui est un signe encourageant, étant donné que la moitié environ des dépôts sulfureux au Canada provient des États-Unis. Par conséquent les dépôts au Canada seront réduits de quelque 2,2 millions de tonnes par rapport aux niveaux de 1980. Combinée aux efforts canadiens, cette mesure devrait faire passer la proportion des lacs pollués de

FIGURE 2.9

Variations des teneurs hebdomadaires moyennes en sulfates atmosphériques à Alert, dans les Territoires du Nord-Ouest

La brume arctique est un phénomène saisonnier qui culmine du début de janvier jusqu'à la fin d'avril et qui diminue à des niveaux beaucoup plus faibles durant l'été et l'automne.



Source : L.A. Barrie, Environnement Canada, communication personnelle.

ENCADRÉ 2.2

La surveillance régionale et globale de la chimie de l'atmosphère au Canada

Des réseaux ont été établis au Canada pour surveiller les contaminants atmosphériques d'intérêt régional et global. Les données recueillies nous permettent de comprendre les origines, le cheminement et le devenir de ces substances.

Le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air, créé en 1983, remplace le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et le Réseau de surveillance de l'air et des précipitations. Il a pour fonction de surveiller la qualité de l'air et des précipitations à l'échelle régionale. En février 1991, le réseau comptait plus de 20 stations situées pour la plupart dans l'est du Canada où les dépôts acides sont le plus importants (figure 2.E2). À toutes les stations, on évalue l'acidité des *précipitations* ainsi que leur teneur en plusieurs ions majeurs (sulfates, nitrates, chlorure, phosphate, ammonium, calcium, magnésium et potassium). Sur environ la moitié des sites, on prélève et on analyse des échantillons d'*air* pour déterminer la concentration de la majorité de ces ions et celle du dioxyde de soufre et de l'ozone de la basse troposphère. La surveillance des composés organiques volatils (essentiels à la formation de l'ozone) a commencé à titre expérimental dans trois stations. La surveillance des teneurs en oxydes d'azote est également prévue.

En 1957, l'Organisation météorologique mondiale a mis sur pied le Système mondial d'observation de l'ozone qui, grâce à diverses techniques, recueille des données sur l'ozone troposphérique et l'ozone stratosphérique. Dès 1991, le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) d'Environnement Canada exploitait huit stations canadiennes de ce réseau. Le SEA est également chargé de la coordination du réseau et ses bureaux abritent le Centre mondial des données sur l'ozone, où les données sur l'ozone recueillies dans le monde entier sont compilées et introduites dans une base de données informatique facilement accessible.

Le Canada participe également à la surveillance mondiale des gaz à effet de serre. Les teneurs en dioxyde de carbone sont mesurées à quatre endroits : Alert (Territoires du Nord-Ouest), Cape St. James (Colombie-Britannique), Fraserdale (Ontario) et l'île de Sable (Nouvelle-Écosse). De plus, la pollution de l'air arctique est surveillée et étudiée à Alert.

l'est du Canada seulement de 13 % (100 000 lacs) à 5 % (Comité fédéral-provincial de la coordination de la recherche et de la surveillance, 1990).

La brume arctique

L'Arctique étant peu peuplé et éloigné des villes du Sud, son air devrait être l'un des plus purs du monde. Or, depuis les années 1950, des pilotes et d'autres observateurs ont signalé la présence d'immenses couches de brouillard brun rougeâtre dans l'atmosphère arctique en hiver. Limitée aux deux kilomètres inférieurs de l'atmosphère, la brume se compose de fines particules de sulfates, d'hydrocarbures, de suie et de poussières ainsi que de métaux toxiques et de pesticides chlorés à l'état de traces.

La plus grande partie des contaminants que l'on trouve dans l'Arctique sont transportés par les vents dominants qui, en hiver, entraînent les polluants en provenance d'Europe et d'Asie vers le nord (figure 2.8). (Les vents transportent généralement l'air pollué de l'est de l'Amérique du Nord et d'autres grandes régions émettrices au-dessus des océans.)

Les conditions météorologiques qui règnent en hiver favorisent l'accumulation des polluants. Avec le début de la nuit polaire, le Haut-Arctique n'est plus réchauffé par l'ensoleillement direct et l'air n'est pas assez chaud pour produire de forts courants verticaux dans l'atmosphère. L'air a tendance a former une mince couche stable près de la surface du sol, et celle-ci empêche les polluants de se mêler aux courants aériens en altitude. Cette couche fait également obstacle à la formation de nuages et, partant, aux précipitations qui chasseraient certains polluants atmosphériques. De plus, les processus photochimiques qui pourraient transformer et décomposer les polluants prennent fin durant la longue nuit polaire. Donc, en hiver, les concentrations moyennes de sulfates dans l'Arctique atteignent à peu près le tiers ou la moitié de celles des régions rurales de l'est de l'Amérique du Nord (Barrie, 1986).

FIGURE 2.[illegible]

Le réseau d'Environnement Canada de stations de surveillance des contaminants atmosphériques d'intérêt régional et global

Mesures effectuées
- ▲ Acides, ozone (Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air)
- ● Données de base sur la chimie de l'air (climat, brume arctique, p. ex.)
- * Profils verticaux de l'ozone
- x Ozone total
- Rayonnement
- Contaminants (métaux, composés organochlorés, p. ex.)

Source : L.A. Barrie, Environnement Canada, communication personnelle.

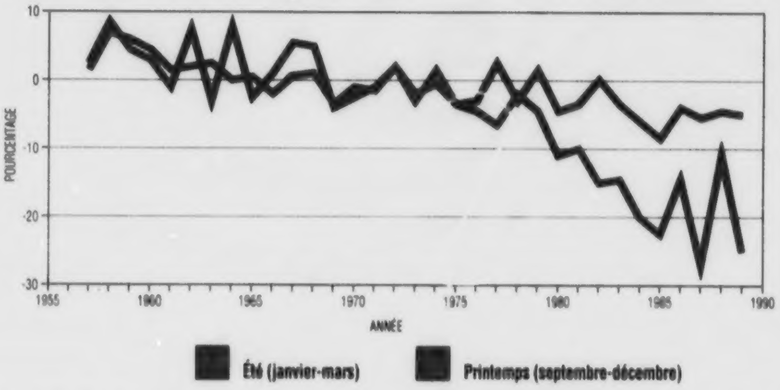
En été, la pollution diminue grandement dans l'Arctique. Les concentrations de sulfate représentent entre le vingtième et le quarantième environ des teneurs hivernales (figure 2.9). Ce changement est dû en partie au rétablissement des processus d'élimination photochimique, à un meilleur mélange atmosphérique et à une augmentation des précipitations en été; ces paramètres combinés augmentent considérablement le pouvoir auto-épurateur de l'atmosphère. Toutefois, le changement dans les configurations de la circulation atmosphérique dominante est tout aussi important : en été, le transport Sud-Nord est plus faible, ce qui réduit l'apport de contaminants.

Bien que la brume arctique soit un phénomène saisonnier et que la pollution soit moins prononcée dans le Nord que dans le Sud, les risques de dommages écologiques sont élevés. Les sulfates composant l'essentiel de la brume arctique, l'acidification possible des écosystèmes terrestres et aquatiques ne doit pas être prise à la légère. La présence de métaux (mercure et plomb) et de produits chimiques (hydrocarbures chlorés utilisés comme pesticides) aggravent les dangers de contamination de la chaîne alimentaire. Même si ces substances sont présentes en concentrations relativement faibles dans l'air, il y a bioaccumulation dans les tissus des organismes et bioamplification dans les chaînes alimentaires de la région et les concentrations atteignent parfois des niveaux dangereux. Par exemple, les concentrations de mercure mesurées dans les tissus musculaires de bélugas de cinq endroits différents de l'Arctique canadien

FIGURE 2.10

Ozone total au-dessus de l'Antarctique : moyennes des écarts saisonniers de 1957 à 1977 pour quatre stations (île Argentina, Syowa, Halley Bay et pôle Sud)

Le trou d'ozone est le plus marqué au printemps et se comble en été.



Source : Bruce, 1990.

étaient supérieures à la teneur recommandée de 0,5 ppm pour la consommation du poisson (R. Wagemann, Pêches et Océans Canada, comm. pers.). Ces résultats ont soulevé des inquiétudes au sujet de la santé des habitants du Nord qui se nourrissent de bélugas et d'autres espèces contaminées (voir le chapitre 15).

La brume peut également avoir des répercussions à l'échelle mondiale, car des variations de l'atmosphère arctique peuvent intensifier le changement climatique. Dans l'Arctique, la brume absorbe plus de rayons qu'une atmosphère limpide; selon des modèles numériques, ce phénomène entraînerait un léger réchauffement de l'air arctique de mars à mai (Blanchet et List, 1987). De plus, le dépôt de particules de suie sur la glace et la neige peut augmenter la quantité d'énergie solaire absorbée par ces surfaces et accroître l'effet de réchauffement. Ces changements de température pourraient influer sur les conditions météorologiques de tout l'hémisphère nord.

LES RÉPERCUSSIONS GLOBALES

À l'échelle de la planète, les polluants appauvrissent l'ozone stratosphérique qui protège de nombreux organismes du rayonnement ultraviolet. Ils intensifient également l'effet de serre et augmentent les risques d'un changement majeur du climat global.

L'appauvrissement de la couche d'ozone[3]

Les craintes au sujet de l'ozone stratosphérique ont surgi à la fin des années 1960 et au début des années 1970, lorsqu'on a émis l'hypothèse que les avions supersoniques qui effectuent de nombreux vols à haute altitude peuvent libérer suffisamment de vapeur d'eau et d'oxydes d'azote dans la stratosphère pour perturber l'équilibre chimique de la couche d'ozone. Une évaluation internationale effectuée sous les auspices de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a permis de conclure que le problème n'était pas grave. Par contre, elle a révélé que les composés chlorés pouvaient représenter un danger véritable pour l'ozone stratosphérique.

La preuve directe de l'appauvrissement marqué de l'ozone stratosphérique n'a été apportée qu'en mai 1985, lorsque des chercheurs britanniques de la station de Halley Bay ont relevé une baisse considérable de la teneur en ozone au printemps dans l'Antarctique (Farman et collab., 1985). Une autre analyse des données provenant d'autres stations du système mondial d'observation de l'ozone de l'OMM (voir l'encadré 2.2) et des mesures par satellite effectuées par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) aux États-Unis ont montré l'étendue du trou dans la couche d'ozone. Ce « trou » est en fait une vaste région de la taille du continent américain dans laquelle les concentrations d'ozone ont considérablement diminué. En 1985, les concentrations étaient inférieures de 40% à celles observées dix ans plus tôt. Le trou est un phénomène saisonnier (figure 2.10) associé étroitement à la vigueur de la circulation atmosphérique hivernale au voisinage du pôle Sud. Il apparaît en septembre et se comble au bout d'environ deux mois. L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique a été relié hors de tout doute aux émissions terrestres de CFC, de halons et d'autres substances.

D'autres recherches ont indiqué qu'un déséquilibre chimique semblable existait au-dessus de l'Arctique (Evans, 1990). Toutefois, l'appauvrissement de l'ozone dans cette région est moins marqué et son modèle est plus irrégulier, car le tourbillon circumpolaire est beaucoup moins intense et persistant dans l'Arctique que dans l'Antarctique. Des réductions de l'ozone stratosphérique ont également été observées aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. Les chercheurs d'Environnement Canada signalent que la concentration totale moyenne d'ozone au-dessus de Toronto entre 1976 et 1986, par exemple, était inférieure de 1,2 % à celle de la décennie précédente (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989).

[3]Voir le chapitre 23 pour une analyse plus détaillée.

Les substances destructrices de la couche d'ozone

Des études détaillées menées dans les années 1970 et 1980 ont révélé que les concentrations d'ozone stratosphérique sont maintenues par un processus très complexe où interviennent des réactions chimiques multiples. Or, les polluants perturbent l'équilibre de ce processus. Des études ont associé l'appauvrissement de la couche d'ozone à la présence, principalement, d'une quantité croissante de CFC dans l'atmosphère. Ces derniers sont des gaz synthétiques contenant du chlore; lors de la fabrication du CFC-12 en 1928, ils étaient réputés être des produits chimiques industriels parfaits (Rowland, 1988). Les CFC ne sont pas toxiques, ne s'accumulent pas au niveau du sol, ont une vie longue et absorbent très bien la chaleur. Ils sont largement utilisés comme fluide réfrigérant, agents moussants et solvants. Leur emploi comme gaz propulsifs dans les fixatifs et les produits antisudorifiques a été interdit au Canada en 1980, mais il est autorisé dans d'autres pays du globe.

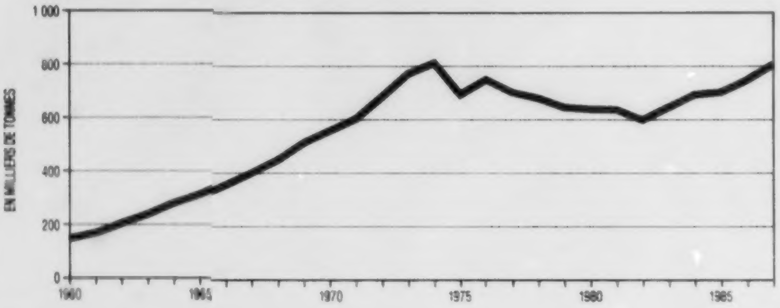
Les halons sont une autre famille de substances chimiques qui menacent la couche d'ozone. Utilisés largement dans les extincteurs, ils contiennent du carbone, du fluor, du brome et, parfois, du chlore. Le brome est un puissant catalyseur de la destruction de l'ozone, et une molécule de halon a un pouvoir destructeur de l'ozone trois à six fois supérieur à une molécule de CFC. D'autres composés comme le méthylchloroforme sont également nocifs pour l'ozone, et leurs concentrations augmentent dans l'atmosphère; toutefois, les CFC demeurent les plus destructeurs.

Étant donné leur très grande stabilité, les CFC auraient une durée de vie dans l'atmosphère de plus de 75 ans et certaines formes comme les CFC-12 persisteraient plus de 100 ans (Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989). Ils se désintègrent dans la haute atmosphère où ils sont bombardés par le rayonnement ultraviolet, mais leur destruction survient à l'endroit même où ils peuvent causer le plus de dommages, c'est-à-dire dans la couche d'ozone.

FIGURE 2.11

Production globale de CFC-11 et de CFC-12, les CFC les plus courants, 1960–1987

La production mondiale de CFC a augmenté au milieu des années 1980, après avoir diminué au milieu et à la fin des années 1970, lorsque leur utilisation dans les bombes aérosol a été limitée. Les pays industrialisés fabriquent et consomment 80 % de tous les CFC. La contribution du Canada s'élève à 3 %.



Source : Chemical Manufacturers Association, 1988.

Le chlore est l'un des produits de dégradation des CFC. Par un processus cyclique de réactions, un seul atome de chlore peut détruire 100 000 molécules d'ozone (voir la figure 23.6 pour un schéma du processus).

Depuis 1974, la production mondiale de CFC s'élève à près de 1 million de tonnes par année (figure 2.11). La part du Canada est d'environ 3 %. La production mondiale annuelle de halons est supérieure à 21 000 tonnes. Ces substances ne sont pas toutes rejetées immédiatement dans l'atmosphère, et l'on en trouve une importante quantité dans des appareils tels que les climatiseurs renfermant des CFC. Par exemple, la quantité de halons rejetée chaque année est assez faible, mais les extincteurs contiennent 15 fois plus de halons que les émissions annuelles. Par conséquent, même si la production de halons était totalement supprimée maintenant, de grandes quantités de ces gaz continueraient d'être rejetés dans l'atmosphère pendant quelque temps encore.

Les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone

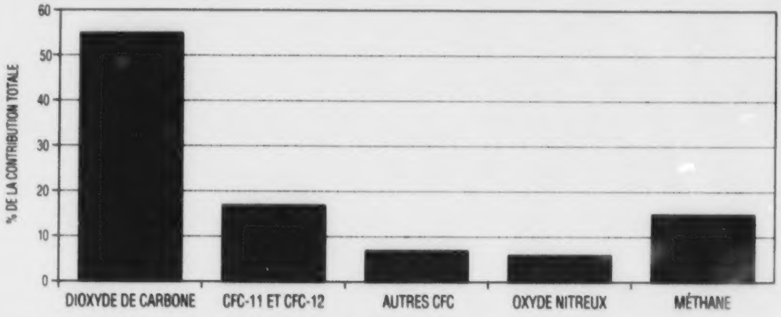
On prévoit que l'appauvrissement continu de l'ozone stratosphérique aura plusieurs effets graves. D'après les estimations, une réduction de 1 % de l'ozone stratosphérique entraînerait une hausse de 1,5 % de la quantité de rayons ultraviolets qui atteignent la surface terrestre et qui ont des effets biologiques nocifs (Urbach, 1989). Chez les êtres humains, les effets prévus comprennent une incidence accrue des cancers de la peau, des troubles du système immunitaire et des maladies des yeux, notamment des cataractes.

La vie aquatique dans les couches supérieures des lacs et des océans est également vulnérable. En fait, tous les grands écosystèmes pourraient être altérés, car ils dépendent de la photosynthèse par les plantes vertes, laquelle est perturbée par un rayonnement ultraviolet excessif. Des expériences menées sur le rendement de cultures courantes telles que le blé, le riz, le maïs et le soya montrent une réduction d'environ 1 % du rendement pour une diminution de 1 % de l'ozone total (Grant, 1989).

FIGURE 2.12

Contribution relative des gaz à effet de serre au réchauffement global durant la dernière décennie

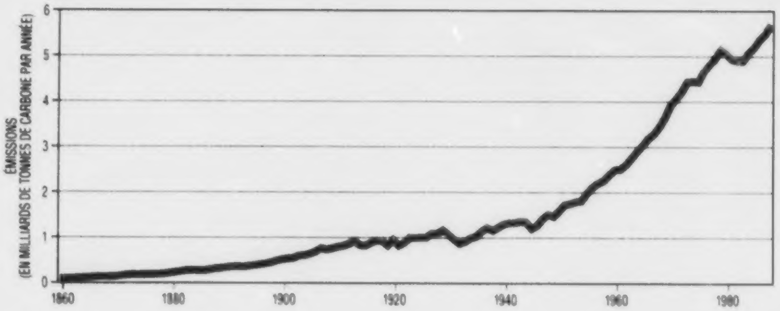
L'importance première du dioxyde de carbone est évidente, mais d'autres gaz comme les CFC et le méthane ont augmenté en importance.



Source : Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique, 1990*a*.

FIGURE 2.13

Émissions globales de dioxyde de carbone attribuables à la combustion de combustibles fossiles, 1860–1988



Source : Keeling, 1973; Marland et collab., 1989.

De plus, l'ozone est un gaz à effet de serre qui joue un rôle déterminant dans les caractéristiques thermiques de la stratosphère. Une réduction des concentrations d'ozone entraînera des changements dans la structure thermique de la stratosphère; à leur tour, ces changements auront certains effets, encore mal compris, sur la circulation atmosphérique générale et sur le climat.

La réaction du Canada

Jusqu'à maintenant, les mesures les plus efficaces prises à l'échelle internationale pour faire face au changement climatique ont été axées sur le problème des CFC. Les premières mesures remontent à l'adoption du Plan d'action mondial concernant la couche d'ozone par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, en 1977. À la même époque, le Canada, les États-Unis et divers pays européens ont commencé à limiter l'utilisation de certains CFC dans les bombes aérosol. Toutefois, la découverte du trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique, en 1985, a fait naître un nouveau sentiment d'urgence et mis en évidence la nécessité de prendre des mesures internationales plus radicales. En 1987, le Protocole de Montréal relatif à des substances appauvrissant la couche d'ozone a été signé par 24 pays qui se sont engagés à réduire de 50 % l'utilisation des CFC et d'autres substances qui détruisent la couche d'ozone (les halons, p. ex.) d'ici l'an 2000. Le Protocole est maintenant ratifié par plus de 50 pays.

Toutefois, de l'avis de nombreux chercheurs, des mesures encore plus strictes sont requises. À une rencontre des parties au Protocole de Montréal à Londres, en juin 1990, le Canada a fait part de son intention d'interdire complètement la production des CFC d'ici 1997, soit trois ans plus tôt que la date cible plus généralement acceptée. Les pays industrialisés ont également convenu d'éliminer progressivement la production des CFC et des halons d'ici l'an 2000.

La réduction et l'élimination des substances destructrices de la couche d'ozone par la promotion de la conservation et la mise au point de substituts non dangereux entraîneront d'énormes dépenses. Toutefois, les sommes dépensées ne protégeront pas seulement la couche d'ozone. Elles aideront également à freiner le changement climatique : à eux seuls, les CFC sont actuellement à l'origine du quart environ de l'effet de serre attribuable aux activités humaines (Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique, 1990*a*).

Le réchauffement global[4]

L'effet de serre est dû principalement à la présence de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Les autres gaz importants naturellement présents dans l'atmosphère sont le méthane, l'oxyde nitreux et l'ozone troposphérique. Les activités humaines accroissent l'effet de serre naturel, surtout par l'émission de ces gaz et de gaz synthétiques à effet de serre (p. ex., les CFC) et par les changements dans l'utilisation et le couvert des terres.

[4]Voir le chapitre 22 pour une analyse plus détaillée.

La hausse des concentrations de dioxyde de carbone

Durant les années 1980, les émissions de dioxyde de carbone représentaient, à elles seules, plus de 50 % du potentiel de réchauffement de notre atmosphère (figure 2.12). Aujourd'hui, la quantité de dioxyde de carbone atmosphérique a atteint un maximum inégalé au cours des 160 000 dernières années. Les analyses des carottes de glace provenant des calottes glaciaires polaires ont révélé que, même si les teneurs en carbone atmosphérique ont beaucoup varié durant cette période, elles se sont maintenues entre 190 et 290 ppmv. Elles ont été faibles durant les périodes glaciaires et élevées durant les épisodes interglaciaires (Barnola et collab., 1987).

À l'heure actuelle, la Terre traverse un épisode interglaciaire. Depuis le début de la révolution industrielle, les concentrations de dioxyde de carbone ont sans cesse augmenté. Aujourd'hui, elles sont d'environ 355 ppmv dans l'atmosphère, ce qui représente 20 % de plus que les valeurs maximales enregistrées au cours des 160 000 années précédentes. Cette augmentation est très soudaine comparativement à l'échelle chronologique des changements géologiques précédents. Elle se poursuit, car la combustion de combustibles fossiles libère environ 5 milliards de tonnes de carbone par année dans l'atmosphère, une quantité dix fois supérieure à celle relevée au tournant du siècle (Marland, 1989). Parallèlement, les forêts, qui absorbent d'énormes quantités de dioxyde de carbone, continuent de disparaître, ce qui entraîne l'apport de 2 milliards de tonnes supplémentaires de carbone atmosphérique par année à l'échelle de la planète.

Le Canada figure parmi les plus grands producteurs mondiaux de dioxyde de carbone par habitant : environ 4,4 t de carbone par habitant et par année. La combustion de combustibles fossiles compte pour l'essentiel de cette production (figure 2.13), laquelle continue d'augmenter à raison de 1 % par année. À défaut de réductions considérables, les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère pourraient doubler en moins de 100 ans par rapport aux niveaux observés au début de la révolution industrielle. Si la corrélation se maintient entre les concentrations de dioxyde de carbone et les températures globales, on peut s'attendre que le réchauffement de la planète atteindra un sommet inégalé au cours des centaines de milliers d'années précédentes.

Les autres gaz à effet de serre

Outre le dioxyde de carbone, d'autres gaz à effet de serre augmentent en concentration. La teneur en méthane, communément appelé gaz des marais en raison de son abondance dans les marais et d'autres milieux humides, oscillait entre 0,6 et 0,9 ppmv avant l'ère industrielle. Elle se situe actuellement à 1,7 ppmv et augmente de près de 1 % par année. Environ 50 % de la production de méthane est d'origine biologique : décomposition dans les milieux humides et dans les rizières dont les superficies sont toujours plus grandes, et fermentation associée à l'activité digestive des ruminants. Les besoins croissants en nourriture d'une population en expansion rapide continueront d'entraîner une hausse des concentrations de méthane dans un avenir prévisible, à moins de changements radicaux dans les habitudes alimentaires.

Les émissions d'oxydes d'azote sont également en hausse. À l'instar du méthane et du dioxyde de carbone, ces gaz sont naturellement présents dans l'atmosphère, mais les teneurs augmentent en raison des activités humaines, notamment la combustion de combustibles fossiles et l'emploi généralisé des engrais ammoniacaux. La contribution de l'ozone troposphérique au réchauffement global est moins élevée mais elle augmente de façon significative. Les teneurs en ozone troposphérique augmentent en même temps que les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils. Enfin, il y a les CFC, des gaz synthétiques dont le potentiel de réchauffement est extrêmement élevé. Bien qu'ils soient progressivement éliminés, leur effet pourrait se faire sentir pendant des décennies en raison de leur rémanence dans l'atmosphère.

Selon toute probabilité, la teneur en dioxyde de carbone ne doublera pas à elle seule avant un certain temps, mais un doublement équivalent associé à l'action combinée de tous les gaz à effet de serre pourrait se produire dès 2025, à moins que des mesures correctives ne soient prises (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990*a*).

La projection des résultats

La résultante de ces changements sur notre climat global est difficile à prévoir. Les modèles numériques utilisés pour simuler le climat et prévoir la réaction de l'atmosphère aux concentrations croissantes des gaz à effet de serre ne peuvent reproduire l'entière complexité de l'atmosphère et tous les processus qui influent sur celle-ci. Toutefois, les grands spécialistes mondiaux de la modélisation en sont arrivés à des conclusions similaires en utilisant des hypothèses et des formules mathématiques quelque peu différentes pour simuler les processus du système climatique. Selon eux, un « doublement de la teneur en dioxyde de carbone atmosphérique » entraînera une hausse des températures mondiales moyennes de 1,5 à 4,5 °C; toutefois, le réchauffement ne se fera complètement sentir que quelques décennies plus tard en raison de l'absorption de chaleur par les océans. Si cet accroissement semble faible, il faut se rappeler que, au cours du dernier millénaire, les moyennes des températures globales ont varié d'au plus 1 °C et que la différence estimée entre la moyenne actuelle et celle du dernier âge glaciaire oscille entre 5 et 7 °C seulement environ. Par dessus tout, la vitesse prévue du changement est sans précédent depuis au moins la dernière glaciation.

Les chercheurs d'Environnement Canada ont mis au point l'un des modèles de circulation atmosphérique générale les plus perfectionnés de l'heure. Une expérience récente a révélé que le doublement de la teneur en dioxyde de carbone entraînera un réchauffement global de 3,5 °C en moyenne. Cette hausse des températures aura d'autres répercussions sur le climat. Il y aura un accroissement mondial de l'évaporation et des précipitations, accompagné de différences

régionales marquées dans la fréquence, la quantité et la répartition saisonnière des précipitations. D'après tous les modèles, le réchauffement sera beaucoup plus prononcé que la moyenne globale dans les régions polaires, en hiver. Les calottes glaciaires polaires seront touchées par l'effet combiné de l'accroissement de l'enneigement et de la saison de fonte plus longue et plus chaude sur leurs marges. Le réchauffement devrait provoquer le dégel de la glace de mer et la régression du pergélisol. Les niveaux de la mer, qui subissent actuellement une élévation globale moyenne d'environ 10 à 20 cm par siècle, pourraient monter encore de 65 cm d'ici l'an 2100 en raison surtout de l'expansion thermique et de la fonte accélérée des glaciers (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990*a*). Le régime des vents et les courants océaniques changera, mais de façon encore inconnue.

Il est difficile de prévoir avec certitude comment ces changements se traduiront dans un pays comme le Canada, qui est caractérisé par une grande diversité climatique. Divers scénarios sont examinés dans le chapitre consacré au changement climatique (voir le chapitre 22). Toutefois, le Canada possède le plus long littoral de tous les pays du monde, la moitié des terres reposent sur du pergélisol et le pays est fortement tributaire d'activités sensibles au climat, comme l'agriculture, la foresterie et les pêches. Si la société n'adopte pas de stratégies énergiques, il est presque certain que les pertes seront supérieures à tout gain comme des saisons de navigation plus longues sur les Grands Lacs et des saisons de croissance plus longues également.

Même si des efforts efficaces et immédiats sont déployés à l'échelle de la planète pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, il est peu probable que nous pourrons éviter l'équivalent du doublement du dioxyde de carbone. Théoriquement, l'accroissement des gaz à effet de serre devrait déjà avoir provoqué une hausse de 0,5 à 1,0 °C des températures globales. De fait, des indices portent à croire qu'un réchauffement de cette amplitude a déjà été amorcé (voir la figure 22.5). Six des sept années les plus chaudes depuis 1861 ont été enregistrées durant les années 1980. Toutefois, cette décennie a également connu des épisodes exceptionnellement froids, de même que des années chaudes et des sécheresses se situant dans les limites d'une fluctuation climatique normale. Pour l'instant, il est encore trop tôt pour conclure à un changement important; les températures devront augmenter pendant encore au moins dix ans avant que l'on puisse confirmer que le réchauffement est vraiment amorcé.

Relever le défi

Même en l'absence de signes indiscutables d'un réchauffement marqué, il est urgent de prendre des mesures énergiques pour lutter contre l'augmentation des teneurs en gaz à effet de serre. La déclaration de la « Conférence mondiale sur l'atmosphère en évolution : implications pour la sécurité du globe », tenue à Toronto en 1988, recommandait de réduire, d'ici 2005, les émissions de dioxyde de carbone de 20 % par rapport aux niveaux de 1988. La moitié de ces réductions serait assurée par une utilisation plus efficace de l'énergie et l'autre moitié, par l'utilisation de substituts aux combustibles fossiles.

Le gouvernement fédéral s'est engagé à stabiliser les émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000. Les autorités de la ville de Toronto ont convenu de réduire les émissions nettes de manière à atteindre les objectifs fixés à la conférence pour l'an 2005. Même si ces réductions cibles sont appliquées à l'échelle du globe, la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone continuera de grimper. Selon le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, la stabilisation des concentrations de dioxyde de carbone nécessitera une réduction mondiale de *plus de 60 %* des émissions de dioxyde de carbone associées aux activités humaines.

LA RÉPONSE AU CHANGEMENT ATMOSPHÉRIQUE

La pollution atmosphérique est le prix que paie maintenant la planète en échange de l'industrialisation; toutefois, nous ne pouvons mettre fin à ce processus en démantelant l'appareil industriel. Ce faisant, nous détruirions non seulement les assises économiques des pays industrialisés, mais nous refuserions au reste du monde le droit à une plus grande sécurité matérielle et à la prospérité. La notion de *développement durable* (voir le chapitre 27) mise de l'avant dans le rapport Brundtland (Commission mondiale sur l'environnement et le développement, 1987) est notre meilleur espoir de résoudre ce dilemme.

Une des principales stratégies adoptées par le Canada consiste à réduire et à rendre plus efficace la consommation d'énergie. Nous pourrions ainsi économiser des sommes d'argent considérables tout en réduisant les gaz à effet de serre, les dépôts acides et les émissions de substances toxiques. Toutefois, cela ne sera pas facile. Premièrement, des ajustements industriels devront être apportés et, comme ces derniers peuvent être coûteux, il est difficile de s'entendre sur les mesures à prendre. Deuxièmement, bien que nous ayons nettement amélioré nos connaissances en matière de pollution atmosphérique ces dernières années, notre compréhension d'un grand nombre de processus est encore partielle. En raison des incertitudes auxquelles ces connaissances fragmentaires donnent lieu, il est plus difficile de développer le sens de l'engagement social requis pour appuyer les mesures. Enfin, il faudra résoudre des problèmes politiques importants dans le cas des polluants qui franchissent des frontières internationales ou qui influent sur l'atmosphère de la planète.

Ces difficultés sont compensées dans une certaine mesure, car bon nombre de nos problèmes de pollution

atmosphérique sont interreliés. Ainsi, les réductions des émissions de dioxyde de soufre ont non seulement amélioré considérablement la qualité locale de l'air, mais elles ont également diminué l'acidification des lacs et des sols. De même, l'interdiction des CFC permettrait non seulement de freiner la destruction de la couche d'ozone, mais aussi de ralentir le réchauffement global.

À l'échelle locale, la qualité de l'air s'est grandement améliorée au cours des 20 dernières années. Néanmoins, de graves problèmes comme l'ozone de la basse troposphère et les substances toxiques atmosphériques subsistent encore. Malgré une réglementation plus sévère des émissions des véhicules automobiles en 1987 et 1988, les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils se maintiendront aux niveaux de 1985 jusqu'à la fin du XX^e^ siècle. D'après les prévisions actuelles, elles commenceront à augmenter par la suite à un rythme progressif et soutenu au Canada, à moins que d'autres mesures ne soient prises.

En novembre 1990, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a appuyé un plan d'action visant à réduire, d'ici 2005, les émissions nationales d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils de 11 et 16 %, respectivement, par rapport aux niveaux de 1985. La première étape du plan de gestion des oxydes d'azote et des composés organiques volatils, qui sera amorcée en 1995, sera la mise en œuvre d'un programme national de prévention établissant des normes strictes pour les nouvelles sources d'émission, et la mise en œuvre de programmes locaux de mesures correctives dans les régions aux prises avec des problèmes d'ozone de la basse troposphère par l'application de mesures telles que la modernisation des sources émettrices existantes avec du matériel moins polluant (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990).

De plus, Transports Canada et Environnement Canada ont élaboré un plan conjoint visant à évaluer les possibilités de réduire les émissions résultant de l'utilisation des moteurs à combustion interne et des carburants qui les alimentent. Ces émissions comprennent le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les particules émises par les moteurs diesel ainsi que divers hydrocarbures imbrûlés ou partiellement brûlés (Transports Canada et Environnement Canada, 1989). Le plan imposera les règlements les plus stricts possibles pour lutter contre les émissions provenant des véhicules à moteur à combustion interne. La composition des carburants sera modifiée et des changements seront apportés à leur manipulation de manière à réduire les émissions de composés organiques volatils par évaporation. Le plan vise également à réduire les émissions de nombreuses autres sources, y compris les aéronefs, les bateaux et les navires de même que les moteurs industriels utilisant de l'essence et du carburant diesel.

Parallèlement, des mesures sont prises pour reconnaître un éventail beaucoup plus vaste de polluants atmosphériques et améliorer nos connaissances à leur sujet. Des centaines de substances atmosphériques potentiellement toxiques ne sont pas réglementées ni réduites, car nous ne connaissons pas suffisamment leurs effets sur l'environnement et leur interaction dans l'atmosphère. La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988 a permis de franchir une étape importante dans l'évaluation de leur impact en prévoyant l'établissement d'une liste des substances prioritaires indiquant une gamme de composés chimiques à examiner en cinq ans. D'autres priorités sont établies par le Comité consultatif fédéral-provincial sur la qualité de l'air. Dans l'avenir, nous pouvons nous attendre non seulement à une amélioration de la qualité locale de l'air, mais aussi à une atténuation de problèmes comme les dépôts acides, qui sont associés au transport à grande distance des polluants atmosphériques.

Cependant, les perspectives d'un règlement rapide des problèmes liés au changement climatique global, soit l'appauvrissement de la couche d'ozone et l'intensification de l'effet de serre, sont beaucoup moins optimistes, car toute mesure nécessitera une coopération internationale sans précédent. Bien que des progrès énormes aient été accomplis pour protéger la couche d'ozone, les ententes internationales sur le réchauffement global seront beaucoup plus complexes, étant donné que celui-ci est le résultat des activités qui forment l'essence même de la société moderne. Bien que les pays industrialisés soient les principaux responsables de ces problèmes et doivent se charger de les résoudre, l'ajustement sera encore plus difficile pour les pays en développement.

Comme les forêts absorbent le dioxyde de carbone, la déforestation des régions tropicales en Afrique, en Asie et en Amérique latine ajoute actuellement entre 1 milliard et 2 milliards de tonnes de carbone dans l'atmosphère chaque année. En raison de la pression exercée par l'expansion démographique rapide et de la limite des choix économiques imposée par le sous-développement, le déboisement s'est révélé nécessaire pour répondre aux besoins immédiats et croissants en combustible, en bois et en terres agricoles. À mesure que la population continuera de croître, la déforestation ne pourra être freinée que si l'on soulage la pauvreté et si l'on améliore l'efficacité des pratiques agricoles tout en offrant aux populations locales d'autres possibilités que l'agriculture. Les pays en développement attendent également que les pays industrialisés comme le Canada fassent la transition entre la déforestation nette et le reboisement actif.

Pour les pays en développement, l'industrialisation est un moyen de résoudre leur dilemme; bon nombre d'entre eux craignent que des responsabilités supplémentaires à l'égard de l'environnement ralentiront le rythme des progrès accomplis dans la recherche du bien-être matériel et accroîtront considérablement, voire excessivement, les coûts qui y sont associés. Néanmoins, si les activités se poursuivent, les pays en développement seront à l'origine de 45 % des émissions mondiales résultant de la combustion de

combustibles fossiles d'ici l'an 2025, contre 25 % aujourd'hui (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990*a*). Les pays industrialisés doivent aider les autres pays à se développer sur le plan économique en leur fournissant des techniques peu polluantes et de meilleurs moyens d'économiser l'énergie. Toutefois, même les pays industrialisés comme le Canada éprouvent des difficultés à réduire suffisamment les émissions de dioxyde de carbone et à se conformer ainsi aux objectifs fixés pour le tournant du siècle. Comme l'a indiqué la Commission Brundtland, la société devra accomplir une « révolution dans l'efficacité énergétique ». Notre atmosphère, et l'écosphère en particulier, en dépendent.

À maints égards, les pays ont fait un pas dans la bonne direction en s'attaquant aux problèmes de la pollution atmosphérique. Mais il y a une distinction entre s'attaquer à des problèmes et trouver des solutions. Les problèmes les plus graves et les plus exigeants sont encore à venir. Limités par des connaissances incomplètes, nous devrons pondérer les certitudes d'une adaptation économique parfois coûteuse en fonction des possibilités d'une transformation écologique sans précédent. Si nous décidons de tenter à tout prix de réduire au minimum notre impact sur l'atmosphère, les coûts seront énormes. Par contre, si nous décidons de ne pas intervenir et d'attendre la tournure des événements, les coûts pourraient être beaucoup plus élevés.

OUVRAGES CITÉS

Ashenden, T.W., et T.A. Mansfield. 1978. « Extreme pollution sensitivity of grasses when SO_2 and NO_2 are present in the atmosphere together. » *Nature*, 273 (5658) : 142–143, Londres.

Barnola, J.M., D. Raynaud, Y.S. Korotkevitch et C. Lorius. 1987. « Vostok ice core provides 160 000-year record of atmospheric CO_2. » *Nature*, 329 (6138) : 408–414.

Barrie, L.A. 1986. « Arctic air pollution : An overview of current knowledge. » *Atmospheric Environment*, 20(4) : 643–663.

Basinger, J.F. 1986. « Our "tropical" arctic : massive stumps discovered in our polar region. » *Canadian Geographic*, 106(6) : 28–37.

Berger, A. 1977. « Support for the astronomical theory of climatic change. » *Nature*, 269 (5623) : 44–45.

Blanchet, J.-P., et R. List. 1987. « On radiative effects of anthropogenic aerosol components in Arctic haze and snow. » *Tellus*, 39B(3) : 293–317.

Bruce, J.P. 1990. *L'atmosphère de la Terre, planète vivante*. Publication nº 735. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Chemical Manufacturers Association. 1988. *Production, sales, and calculated release of CFC-11 and CFC-12 through 1987*. Washington, DC.

Clark, W.C. (réd.). 1982. *Carbon dioxide review : 1982*. Clarendon Press, Oxford.

Comité consultatif fédéral-provincial de la qualité de l'air. 1987. *Review of national ambient air quality objectives for sulphur dioxide — desirable and acceptable levels*. Nº de catalogue EN42-17/2-1087F. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Comité fédéral-provincial de la coordination de la recherche et de la surveillance. 1990. *Rapport canadien d'évaluation de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides. Partie 3. Sciences de l'atmosphère*. Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Downsview (Ontario).

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1987. *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve et les Publications du Québec, Montréal.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Plan de gestion des oxydes d'azote (NO_x) et composés organiques volatils (COV)*. Publication du CCME nº EPC/TRE-31F, Winnipeg (Manitoba).

Dillon, P.J., R.A. Reid et R. Girard. 1986. « Changes in the chemistry of lakes near Sudbury, Ontario, following reduction of SO_2 emissions. » *Water, Air, and Soil Pollution*, 31 (1-2) : 59–65.

Dodge, R. 1983. « The respiratory health and lung function of Anglo-American children in a smelter town. » *American Review of Respiratory Disease*, 127 : 158–161.

Environnement Canada. 1988. *Les pluies acides : une évaluation nationale de la sensibilité*. Fiche d'information sur l'environnement nº 88-1. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1989. *Brume arctique : pollution atmosphérique visible*. Fiche d'information — L'atmosphère en évolution. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Environnement Canada. 1990*a*. *Évolution de la qualité de l'air des villes au Canada, 1978–1987*. Rapport SPE 7/UP/3. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*b*. *Surveillance nationale de la pollution atmosphérique, extrait annuel 1989*. Rapport SPE 7/AP/22. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Ericsson, G.E., et P. Camner. 1983. « Health effects of sulphur oxides and particulate matter in ambient air. » *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 2 (Suppl. 3) : 1–51.

Evans, W.F.J. 1990. « Ozone depletion in the Arctic vortex at Alert during February 1989. » *Geophysical Research Letter*, 17(2) : 167–170.

Farman, J.C., B.G. Gardiner et J.D. Shanklin. 1985. « Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. » *Nature*, 315(6016) : 207–210.

Grant, L.D. 1989. « Health effects issues associated with regional and global air pollution problems. » Pages 243–720 dans : « Compte rendu de *L'atmosphère en évolution : Implications pour la sécurité du globe*, compte rendu d'une conférence tenue à Toronto ». Organisation météorologique mondiale, Genève.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990*a*. *IPCC First Assessment Report*. Overview. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990*b*. *Scientific assessment of climatic change*. Rapport préparé pour le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique par le Groupe de travail I. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Hammer, C.U., H.B. Clausen et W. Dansgaard. 1980. « Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climatic impact. » *Nature*, 288(5788) : 230–235.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique*. Rapport EDE nº 90-1. État de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Keeling, C.D. 1973. « Industrial production of carbon dioxide from fossil fuels and limestone. » *Tellus*, 25(2) : 174–198.

Kelso, J.R.M., et D.S. Jeffries. 1988. « Response of headwater lakes to varying atmospheric deposition in north-central Ontario, 1979–85. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 45(11) : 1905–1911.

Lippman, M., P.J. Lioy, G. Leikanf, K.B. Green, D. Baxter, M. Morandi, B.S. Pasternak, D. Fife et F.E. Speizer. 1983. « Effects of ozone on the pulmonary function of children. » *Advances in Modern Environmental Toxicology*, 5 : 423–446.

Lyman, F., I. Mintzer, K. Courrier et J. MacKenzie. 1990. *The greenhouse trap*. Beacon Press, Boston.

Marland, G. 1989. *Fossil fuel CO_2 emissions : Three countries account for 50 % in 1988*. CDIAC Communications (Oak Ridge National Laboratory).

Marland, G., T.A. Boden, R.C. Griffin, J.F. Huang, P. Kanciruk et T.R. Nelson. 1989. *Estimates of CO_2 emissions from fossil fuel burning and cement manufacturing, based on the United Nations energy statistics and the U.S. Bureau of Mines cement manufacturing data*. ORNL/CDIAC-25, NPD-030. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

National Academy of Sciences. 1979. *Medical and biological effects of environmental pollutants — nitrogen dioxide*. U.S. National Research Council, Washington, DC.

National Aeronautics and Space Administration. 1988. *Earth system science : A closer view*. Report of Earth System Sciences Committee. NASA Advisory Council, Washington, DC.

Norwegian State Pollution Control Authority. 1987. *One thousand lake survey 1986*. Report 283/87. Oslo.

Phillips, D. 1990. *Les climats du Canada*. Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa.

Programme des Nations Unies pour l'environnement. 1989. *Scientific assessment of stratospheric ozone*: 1989. Nairobi, Kenya.

Pudykiewicz, J. 1990. « A predictive atmospheric tracer model. » *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 68(2): 213–225.

Pulleyblank, G., et K. Wile. 1988. *City of Whitehorse woodsmoke control program status report to March 1988*. Environnement Canada et ville de Whitehorse, Whitehorse (Yukon).

Rowland, F.S. 1988. « Chlorofluorocarbons, stratospheric ozone and the Antarctic "ozone hole." » *Environmental Conservation*, 15(2) : 101–115.

Thompson, C.R., E.G. Hensel, G. Kats et O.C. Taylor. 1970. « Effects of continuous exposure of navel oranges to nitrogen dioxide. » *Atmospheric Environment*, 4(4) : 349–355.

Transports Canada et Environnement Canada. 1989. *Un plan visant à déterminer et à évaluer les possibilités de réduire les émissions dans le domaine des transports et au niveau des moteurs industriels et des carburants*. Rapport TP 9773F.

Urbach, F. 1989. « Potential effects of altered solar UV radiation on human skin cancer. » *Photochemistry and Photobiology*, 50(4) : 507–514.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Graedel, T.E., et P.J. Crutzan. 1989. « The changing atmosphere » *Scientific American*, 261(3) : 56–68.

Hengeveld, H. 1991. *Comprendre l'atmosphère en évolution. Revue de la science de base et des implications d'un changement du climat et d'un appauvrissement de la couche d'ozone*. Environnement Canada, Rapport EDE n° 91-2.

McKay, G.A., et H. Hengeveld. 1990. « The changing atmosphere. » Pages 46–79 dans Mungall, C., et D.J. McLaren (réds.). *Planet under stress*. Oxford University Press, Toronto.

Organisation météorologique mondiale. 1989. *L'atmosphère en évolution : Implications pour la sécurité du globe*. Compte rendu de la conférence. Publication n° 717 de l'OMM, Genève.

Schneider, S.H., et R. Londer. 1984. *The coevolution of climate and life*. Sierra Club Books, San Francisco.

Watson, L. 1985. *Heaven's breath*. Sevenoaks, England : Coronet Books, Hodder and Stoughton Ltd.

White, J.C. (réd.). 1989. *Global climate change linkages : acid rain, air quality, and stratospheric ozone*. Conference proceedings. Elsevier, New York.

Young, L.B. 1990. *Sowing the wind*. Prentice Hall Press, New York.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement par David Francis, Lanark House Communications (Toronto). D'importantes contributions ont été apportées aux diverses versions du manuscrit par John Sandilands et Henry Hengeveld, Service de l'environnement atmosphérique (Downsview, Ontario), Tom Furmanczyk, Protection de l'environnement (Ottawa), et John Anderson, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), Environnement Canada. Nous tenons également à remercier Len Barrie (Downsview, Ontario), et J. Pudykiewicz (Dorval, Québec), Service de l'environnement atmosphérique, ainsi que Tom Dann et Bernard Madé, Protection de l'environnement (Ottawa).

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont également enrichi le texte et les illustrations: J.P. Bruce, président du Conseil du programme climatologique canadien (Ottawa), F.K. Hare, chancelier, Université de Trent (Peterborough), et M.L. Shenfeld, président, The MEP Company (Markham, Ontario).

Plusieurs personnes ont revu le manuscrit en totalité ou en partie à diverses étapes de son élaboration et ont offert leurs conseils sur son contenu et sa présentation, en particulier Joyce Mortimer et Mark Raizenne, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa), et Bruce Mitchell, Statistique Canada (Ottawa).

John Anderson, John Hilborn et Robert Kent, Rapport sur l'état de l'environnement, ont assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Judy Lord, avec la collaboration de Susan Burns.

3

GRACIEUSETÉ DE LA COMMISSION DE LA CAPITALE NATIONALE

POINTS SAILLANTS

Le Canada détient la deuxième place dans le monde pour la consommation d'eau par habitant. La consommation journalière moyenne pour les usages domestiques est de 360 L par personne. Les villes, l'agriculture, les transports, l'énergie, les loisirs et les industries, dont celles du pétrole, des pâtes et papiers et de l'extraction minière, sont les plus grands secteurs utilisateurs de l'eau au Canada.

■

Au Canada, une personne sur quatre est tributaire de l'exploitation des eaux souterraines pour son alimentation en eau domestique, les autres étant desservies par les eaux de surface. Or, la qualité et l'abondance de ces deux sources d'eau sont de plus en plus menacées.

■

La contamination des eaux de surface et des eaux souterraines est causée par les effluents industriels, l'eau de ruissellement des exploitations forestières et agricoles et des zones urbaines et industrielles, les lessivats des décharges, les eaux usées insuffisamment traitées et le transport à grande distance des contaminants atmosphériques.

■

Des dioxines et des furanes ont été détectés dans des sédiments et dans le biote des eaux en aval des usines de pâtes et papiers utilisant le procédé de blanchiment au chlore. On s'inquiète à juste titre du phénomène de bioaccumulation de ces contaminants liposolubles rémanents dans la chaîne alimentaire aquatique et des risques subséquents de contamination d'origine alimentaire chez l'être humain.

■

Des études régionales menées jusqu'à ce jour montrent que, dans l'ensemble, l'eau potable est de bonne qualité au Canada; toutefois, il n'existe aucun programme national de surveillance de l'eau potable.

■

En 1989, des installations municipales de traitement des eaux usées desservaient 70 % des Canadiens résidant dans des collectivités de plus de 1 000 habitants; cette proportion était de 63 % en 1983. La pollution causée par les égouts unitaires et les égouts pluviaux et par l'insuffisance du traitement des eaux usées entraîne parfois la fermeture des plages au voisinage de nombreuses villes, étant donné que les normes d'hygiène ne sont pas respectées.

■

Des mesures correctives visant à remédier aux erreurs du passé sont mises en œuvre pour les Grands Lacs et le Saint-Laurent et d'autres sont prévues pour plusieurs secteurs préoccupants, notamment les ports et les côtes de l'Atlantique ainsi que le bassin hydrographique du fleuve Fraser. D'après des bioindicateurs, les concentrations d'un certain nombre de contaminants toxiques ont déjà diminué dans les Grands Lacs. Afin de prévenir toute nouvelle dégradation de l'eau et d'améliorer les masses d'eau en très mauvais état, un plan d'action pour une réglementation nationale, prévoyant notamment la réduction des effluents contenant des dioxines et des furanes et une nouvelle limitation d'autres effluents de l'industrie des pâtes et papiers, entrera en vigueur d'ici 1994.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 3-4

Le patrimoine des eaux douces du Canada 3-5

Les facteurs naturels influant sur la qualité de l'eau 3-7
- Les impuretés naturelles 3-8
- Les interactions entre le volume et la qualité de l'eau 3-8
- Le cycle de l'eau 3-8

L'utilisation de l'eau douce dans les principaux secteurs économiques 3-9
- L'alimentation en eau des villes : une demande excessive 3-9
- L'agriculture, un secteur assoiffé 3-10
- Les procédés industriels : pour une politique de dépollution 3-11
  - L'industrie minière 3-11
  - L'industrie des pâtes et papiers 3-12
  - L'industrie pétrolière 3-13
  - La réduction des rejets industriels toxiques 3-13
- La thermoélectricité et l'hydroélectricité : la part du lion 3-13
  - Les inconvénients des barrages 3-14
- Le transport maritime : un pollueur subtil 3-15
- Les loisirs en milieu aquatique 3-15

Les éléments nutritifs : l'abondance peut nuire 3-16

Quelques contaminants toxiques choisis 3-17
- **Les dioxines et les furanes** 3-18
- **Les BPC** 3-20
- **Les pesticides** 3-21
- **Les métaux lourds** 3-22

L'eau potable, le plus précieux des biens 3-23
- **L'élaboration de recommandations sur l'eau potable au Canada** 3-24
- **Les préoccupations touchant la qualité de l'eau potable** 3-26

Une méthode intégrée pour un approvisionnement d'eau pure à profusion 3-27

Conclusion 3-27

Ouvrages cités 3-28

Pour de plus amples renseignements 3-30

Remerciements 3-30

Liste des encadrés

3.1 Dans le Canada atlantique, petits lacs et cours d'eau sont en péril ... 3-6
3.2 Les pesticides agricoles et les eaux souterraines ... 3-12
3.3 Les principaux aménagements hydroélectriques du Canada ... 3-16
3.4 *Pijibowin* ou l'empoisonnement du bassin hydrographique Wabigoon–English ... 3-23

Liste des figures

3.1 Le cycle de l'eau ... 3-5
3.2 Causes de la disparition de milieux humides d'eau douce et d'eau salée au Canada depuis la colonisation européenne ... 3-7
3.3 Comparaison des prix et de l'utilisation de l'eau dans divers pays ... 3-8
3.4 Total des prélèvements d'eau au Canada, 1972, 1976, 1981 et 1986 ... 3-9
3.5 Pourcentage de la population desservie par des installations de traitement primaire, secondaire et tertiaire dans les agglomérations de plus de 1 000 habitants ... 3-10
3.6 Superficie de terres irriguées au Canada en 1970 et 1985, par région ... 3-11
3.7 Solides totaux en suspension et demande biochimique en oxygène des eaux douces recevant des rejets de l'industrie des pâtes et papiers, 1970–1989 ... 3-14
3.8 Rejets nets de déchets liquides par l'industrie pétrolière au Canada, 1972–1987 ... 3-14
3.9 Concentrations de phosphore total dans la baie de Quinte avant et après la réglementation des rejets de phosphore ... 3-17
3.10 Circulation des substances toxiques dans le milieu aquatique ... 3-18
3.11 Bioaccumulation et bioamplification des BPC dans la chaîne alimentaire aquatique des Grands Lacs ... 3-19
3.12 Concentration de 2,3,7,8-TCDD dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs ... 3-20
3.13 Concentrations moyennes de BPC dans les tissus du saumon coho de la rivière Credit, en Ontario, 1972–1989 ... 3-21
3.14 Concentrations de BPC dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs ... 3-22
3.15 Concentrations de mercure dans les tissus d'espèces commerciales de poissons échantillonnés dans le lac Sud des Indiens, au Manitoba, 1971–1985 ... 3-24
3.16 Concentrations moyennes de plomb chez trois espèces de poissons du Saint-Laurent prélevés dans la baie Blue Church, 1983–1986 ... 3-25
3.17 Utilisation estimative des eaux souterraines par province et par secteur, 1981 ... 3-25
3.18 Population alimentée en eau traitée, 1975–1989 ... 3-26
3.E1 Nombre de nappes d'eau de surface dans la région de l'Atlantique ... 3-6
3.E2 Nappes d'eau de surface dans la région de l'Atlantique : vulnérabilité aux dépôts acides ... 3-7
3.E3 Vulnérabilité à la contamination des eaux souterraines près de Brandon, au Manitoba ... 3-13
3.E4 Concentrations de mercure dans les tissus d'écrevisses provenant du lac Cray, dans le bassin Wabigoon–English, en Ontario, 1970–1990 ... 3-24

Liste des tableaux

3.1 Barrages et dérivations interbassins au Canada ... 3-15

> **« L'homme actuel a oublié ses origines, ignorant jusqu'à ses besoins les plus essentiels, et l'eau, comme tant d'autres ressources, est victime de son indifférence. »**
>
> Rachel Carson, 1968

INTRODUCTION

Depuis toujours, l'eau douce joue un rôle capital dans la vie et l'identité du Canada par son abondance, sa puissance et sa beauté. Élément vital du pays, l'eau est une composante essentielle des écosystèmes, un facteur déterminant de la qualité de vie des Canadiens et un élément clé pour diverses activités économiques. Peut-être à cause de la grande facilité avec laquelle ils ont accès à cette ressource, bon nombre de Canadiens ne soupçonnent pas l'énorme pression que notre consommation d'eau impose aux écosystèmes naturels.

Cette pression s'exerce sous diverses formes. Ainsi, par suite de l'urbanisation, de l'expansion industrielle et de l'utilisation systématique de produits chimiques en agriculture, le régime naturel des cours d'eau se modifie et le pouvoir auto-épurateur de l'eau (décomposition des déchets) ne suffit plus. Les dépôts acides et toxiques tuent certains organismes d'eau douce ou entravent leur reproduction. Des centaines de substances chimiques, en usage au Canada comme partout dans le monde, polluent nos lacs, nos rivières et nos eaux souterraines, et certaines contaminent les chaînes alimentaires.

La qualité de l'eau s'est dégradée dans bien des régions du Canada. Le fleuve Fraser, en Colombie-Britannique, est contaminé par des eaux usées mal épurées, par les lessivats des décharges, par les produits de traitement du bois, par les eaux de ruissellement contaminées des exploitations forestières et agricoles ainsi que par les rejets polluants des usines de pâtes et papiers et d'autres installations industrielles. Au Manitoba, la rivière Rouge, comme d'autres rivières des Prairies, est polluée par les eaux de ruissellement agricole et les eaux usées mal épurées. Les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent reçoivent des rejets industriels et urbains, des eaux de ruissellement urbain et agricole et des dépôts atmosphériques. Les pesticides agricoles risquent de contaminer les eaux souterraines de l'île du Prince-Édouard.

Pour atteindre leurs objectifs sociaux et économiques, les humains ont modifié, dans une certaine mesure, la répartition des eaux douces, mais ils sont toujours tributaires du cycle global de l'eau (figure 3.1) pour le renouvellement des masses d'eau naturelles et artificielles. La demande d'eau est telle que les pénuries se font de plus en plus graves dans certaines régions du Canada, particulièrement dans le sud des Prairies. Dans les années à venir, le changement climatique causé par l'intervention humaine pourrait aggraver les problèmes actuels d'approvisionnement en modifiant le cycle de l'eau, lequel peut, à son tour, changer la répartition de l'eau (voir le chapitre 22).

Malgré toutes les techniques qu'ils ont utilisées pour maîtriser le milieu naturel, les humains restent partie intégrante d'une écosphère finie (voir le chapitre 1). L'eau douce est une richesse qui doit être partagée par toutes les espèces. Ainsi, en raison de l'interdépendance écologique qui lie les êtres vivants, le danger que présentent, pour les autres espèces, la pollution des eaux et la modification de leur répartition par les humains est en définitive une menace à la survie de l'humanité.

Souvent, les utilisations de l'eau à des fins économiques et sociales sont en conflit avec les besoins d'autres espèces et nuisent aux écosystèmes, y compris aux populations humaines. Par exemple, la retenue d'énormes volumes d'eau par des barrages hydroélectriques entraîne l'augmentation de la concentration de mercure dans les tissus des organismes aquatiques et terrestres des secteurs inondés et des environs. Bon nombre d'activités humaines ne nécessitant pas d'utilisation directe de l'eau influent néanmoins sur les écosystèmes d'eau douce : 80 % des milieux humides du delta du Fraser, jusqu'à 71 % de ceux des Prairies, 68 % de ceux du sud de l'Ontario et 65 % des marais côtiers de l'Atlantique ont été perdus, asséchés pour la plupart à des fins agricoles. En outre, dans l'est du pays, 14 000 lacs sont stériles à cause de l'action acidifiante de substances provenant d'aciéries et de raffineries canadiennes et étrangères ou produites

par la combustion de combustibles fossiles pour l'alimentation des usines, le chauffage des locaux ou le transport (voir l'encadré 3.1 et le chapitre 24).

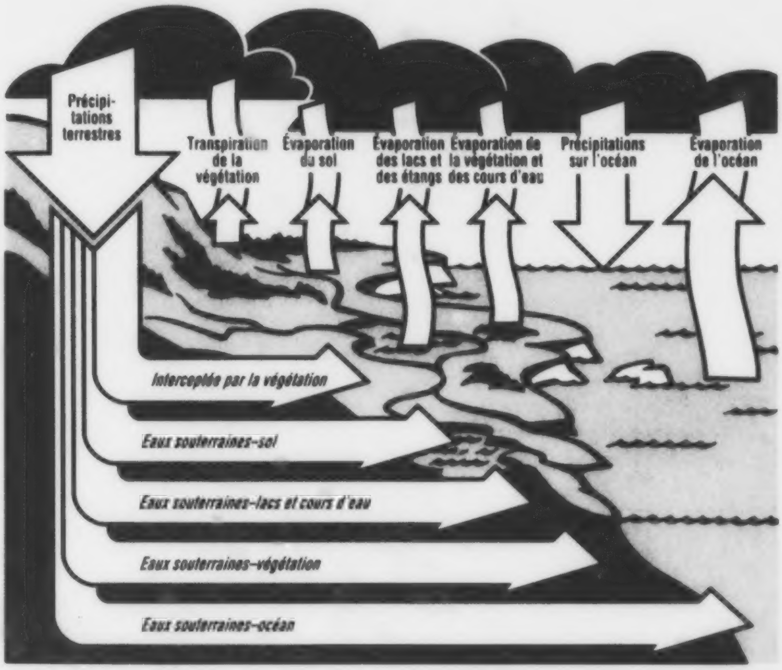
La préservation des écosystèmes d'eau douce et le maintien de la qualité et de l'abondance de l'eau douce au Canada représentent peut-être, parmi les nombreux défis environnementaux à relever, l'impératif le plus urgent. Depuis plusieurs décennies, les gouvernements de tous les paliers ont recueilli des données sur le volume et la qualité de l'eau ainsi que sur la vie aquatique qui en dépend. Malheureusement, la plupart de ces données ont été recueillies pour des projets et des programmes précis d'intérêt environnemental limité et d'étendue géographique restreinte.

Cette fragmentation des données découle autant de considérations d'ordre financier (la collecte et l'analyse des données coûtent cher) que d'une politique de gestion « à la pièce » des ressources hydriques pratiquée ces 20 dernières années. Il s'ensuit que le profil de l'état des eaux douces du Canada, plus particulièrement celui de la qualité de l'eau, est essentiellement une « mosaïque » de données découlant de programmes d'application restreinte et d'études d'écosystèmes régionaux. Les lecteurs pourront se faire une idée plus complète de l'état des eaux et des écosystèmes aquatiques du Canada en lisant, outre le présent chapitre, les chapitres 15 à 19 sur l'Arctique, le bassin inférieur du fleuve Fraser, les Prairies, les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent, de même que le chapitre 24 sur les dépôts acides.

Le présent chapitre commence par un aperçu général des eaux du Canada : leur répartition et leur qualité ainsi que les pressions exercées sur les écosystèmes aquatiques par certaines activités humaines, dont l'agriculture et les rejets de sources urbaines et industrielles. Cette description générale est suivie d'une analyse plus poussée de contaminants donnés (p. ex., les dioxines et les furanes) présentant un intérêt particulier pour le public en raison de leurs effets potentiels néfastes sur les écosystèmes aquatiques. Le problème de l'eau potable, d'une importance primordiale pour la population en raison de ses effets sur la santé, est abordé dans la dernière partie. La conclusion renferme des commentaires sur certaines tendances clés et propose des moyens visant à combler certaines lacunes dans les données actuelles.

FIGURE 3.1

Le cycle de l'eau



Source : Pearse et collab., 1985.

LE PATRIMOINE DES EAUX DOUCES DU CANADA

La majeure partie de l'eau de la planète se trouve dans les océans. L'eau douce représente seulement une petite portion des ressources hydriques de la Terre, soit quelque 2,7 %, et l'infime proportion des eaux douces et accessibles — lacs, cours d'eau, sol et atmosphère — ne représente guère plus de 0,01 %. En fait, la quasi-totalité de l'eau douce du globe est retenue dans les glaciers et la glace polaire ou se trouve à grande profondeur dans le sol (Pearse et collab., 1985).

Le Canada, du fait de sa situation géographique, possède d'importants réservoirs d'eau douce sous forme de neige et de glace. Ainsi, les 100 000 glaciers du Canada représentent à eux seuls 1,5 fois le volume des eaux de surface canadiennes. L'eau souterraine, qui est un peu plus accessible que celle des glaciers mais qui se renouvelle moins rapidement que les eaux de surface, représente environ 37 fois le volume total de l'eau des cours d'eau et des lacs (Conseil des sciences du Canada, 1988). Son déplacement est extrêmement lent à travers les aquifères de sable, de gravier ou de roche poreuse et fissurée. À son point d'émergence, l'eau souterraine vient augmenter le débit des fleuves, rivières et autres cours d'eau.

ENCADRÉ 3.1

Dans le Canada atlantique, petits lacs et cours d'eau sont en péril

Les petits lacs et cours d'eau sont souvent des sites privilégiés. De fait, leur valeur écologique est généralement supérieure à celle des grandes masses d'eau. Ces milieux renferment un habitat idéal pour la reproduction de la sauvagine et pour le frai du poisson et, habituellement, ils ne servent à aucune activité récréative, car ils sont trop petits pour permettre la circulation de bateaux et l'aménagement de chalets et trop éloignés pour assurer un accès facile. Toutefois, les petits lacs et cours d'eau de la région de l'Atlantique sont en péril.

En moyenne, les provinces de l'Atlantique reçoivent, chaque année, entre 10 et 15 kg de sulfate d'origine anthropique par hectare; 70 % de ces apports proviennent de sources situées hors de la région. Souvent, cette acidité est supérieure à celle que l'écosystème peut absorber sans subir de graves dommages. Les petites nappes d'eau sont particulièrement sensibles à l'acidification en raison de leur volume relativement limité, de leur faible profondeur et de leurs caractéristiques géologiques.

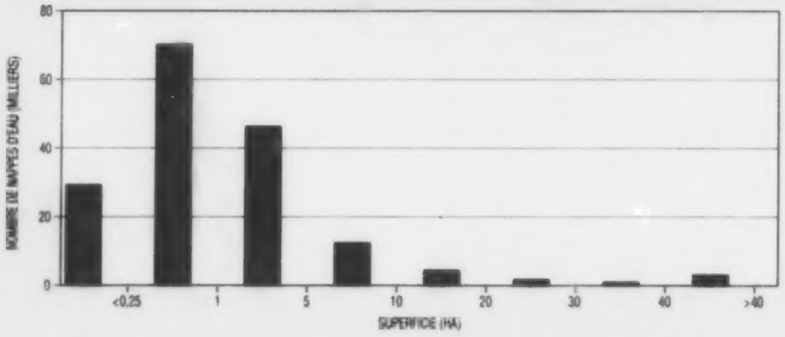
On a reconnu récemment la gravité de la situation lorsqu'un relevé par satellite de la région de l'Atlantique a permis de répertorier près de 100 000 nappes d'eau encore jamais inventoriées par les méthodes courantes. Or, la très grande majorité (86,5 %) des 168 500 étendues d'eau de surface de la région ont une superficie de 5 ha ou moins (figure 3.E1).

Comme les sols et le substrat rocheux sous-jacents à la plupart des petits lacs de la région de l'Atlantique ont un faible pouvoir tampon, ces lacs sont généralement sensibles à l'acidification (figure 3.E2). Le nombre total de nappes d'eau de surface classées dans la catégorie à risques élevé et modéré est de plus de 121 000 (84 %) sur l'île de Terre-Neuve, de 11 000 (86 %) en Nouvelle-Écosse et de 10 000 (89 %) au Nouveau-Brunswick. Les 1 100 nappes d'eau de surface de l'île du Prince-Édouard se trouvent dans un milieu fragile, mais on considère qu'elles ont un bon pouvoir tampon parce qu'elles sont alimentées par des eaux souterraines riches en carbonate. En tout, plus de 142 600 nappes d'eau de surface, une précieuse ressource naturelle du Canada atlantique, sont à la fois vulnérables et exposées à l'acidification.

Source : Environnement Canada, 1991.

FIGURE 3.E1

Nombre de nappes d'eau de surface dans la région de l'Atlantique



Source : Environnement Canada, 1991.

La superficie des lacs du Canada est peut-être supérieure à celle des lacs de tous les autres pays. Nos lacs et nos cours d'eau occupent près de 8 % du territoire canadien et contiennent un volume suffisant pour submerger tout le pays sous plus de 2 m d'eau (Conseil des sciences du Canada, 1988). Les lacs sont à la fois d'énormes réservoirs et des régulateurs de débit. En période de forte pluviosité et de fonte des neiges, ils emmagasinent l'eau. Cette eau s'écoule graduellement, alimentant les rivières en période de faible pluviosité. Quant aux milieux humides, ce sont en quelque sorte des éponges qui remplissent le même rôle que les lacs, assurant une protection supplémentaire contre les inondations. En outre, si l'eau est l'élément vital de l'environnement, les milieux humides peuvent se comparer à des « reins » puisqu'ils filtrent l'eau des lacs et des cours d'eau et réduisent la pollution. Les milieux humides (d'eau douce et d'eau salée) occupent près de 14 % de la superficie du territoire canadien.

Le débit des cours d'eau (écoulement annuel) nous donne la meilleure mesure de la quantité d'eau douce continuellement renouvelée par le cycle hydrologique. L'eau des lacs et des aquifères, cependant, n'est renouvelée annuellement que dans une petite proportion, soit environ 1 %. Les cours d'eau du Canada fournissent 9 % des apports renouvelables mondiaux aux océans Pacifique, Arctique et Atlantique, les fleuves Saint-Laurent et Mackenzie étant les principaux fournisseurs. En somme, la part du Canada dans les réserves d'eau renouvelables du monde n'est pas disproportionnée par rapport aux 7 % de la superficie terrestre qu'occupe notre pays.

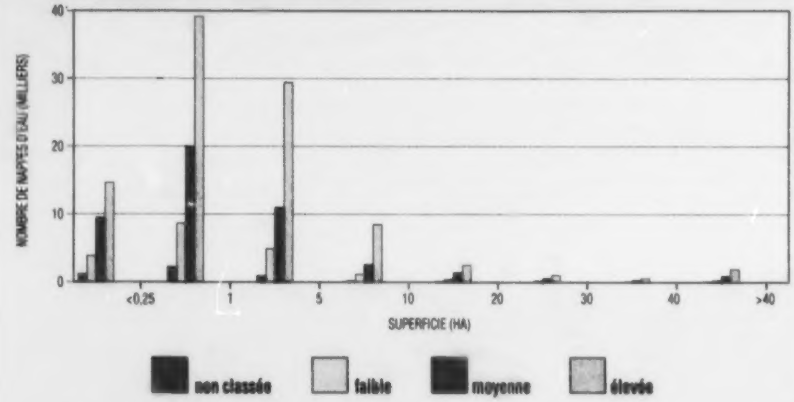
Le Canada est doté d'un riche patrimoine d'eaux douces renouvelables (mesurées par le débit des cours d'eau), mais la répartition des cours d'eau ne correspond pas aux concentrations démographiques et aux centres d'activité économique : en effet, 60 % de nos eaux douces s'écoulent vers le nord et se déversent dans l'océan Arctique et la baie d'Hudson, tandis

que 90 % des Canadiens habitent à 300 km ou moins de la frontière canado-américaine. Les humains modifient la répartition des eaux douces pour des besoins pratiques immédiats. Ainsi, ils augmentent l'humidité du sol par l'irrigation dans les régions sèches, ils construisent des ouvrages de dérivation, des barrages et des réservoirs pour l'approvisionnement en eau et la production d'électricité, et ils assèchent des milieux humides pour la culture ou pour le lotissement domiciliaire (figure 3.2). Toutefois, on ne peut modifier la répartition des réserves d'eau douce renouvelables sans que d'importantes répercussions se fassent sentir dans les écosystèmes. Par exemple, les eaux douces qui s'écoulent dans la mer ne sont pas gaspillées, car elles jouent un rôle dans la régularisation du climat et des courants et sont essentielles à certaines espèces de poissons. Les milieux humides non plus ne sont pas sans utilité. Ils sont l'habitat d'une très grande variété de plantes, de poissons, d'oiseaux et d'autres espèces sauvages, notamment du tiers environ des espèces en danger de disparition et vulnérables selon la classification du Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (voir le chapitre 26 sur l'importance des pertes de milieux humides).

La répartition et la disponibilité de l'eau sont en outre modifiées par les humains d'une façon moins directe. La communauté scientifique est d'avis que le réchauffement de la planète attribuable aux activités humaines se fera nettement sentir vers le milieu du XXI[e] siècle. L'élévation, même relativement minime, de la température moyenne de la planète pourrait causer de graves pénuries d'eau dans les régions arides et semi-arides. Dans un sommaire de travaux de recherche menés au Canada (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990), on conclut que, dans la plupart des scénarios, il se produirait une baisse des apports nets de 25 à 50 % dans les bassins des Grands lacs et du Saint-Laurent ainsi qu'une augmentation des crues et du débit des cours d'eau durant la fonte des neiges, au printemps, dans les bassins versants des hautes latitudes.

FIGURE 3.12

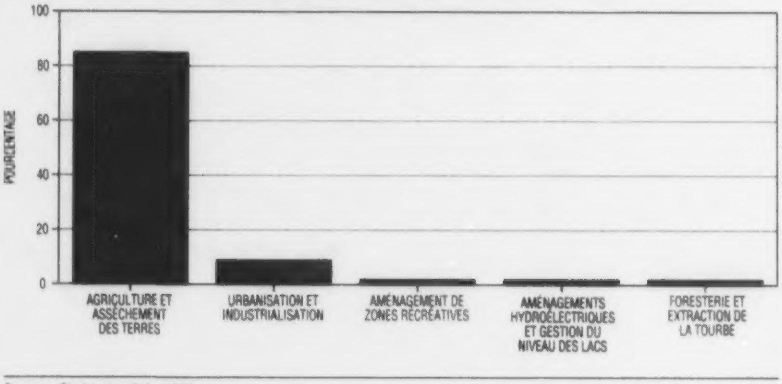
Nappes d'eau de surface dans la région de l'Atlantique : vulnérabilité aux dépôts acides



Source : Environnement Canada, 1991.

FIGURE 3.2

Causes de la disparition de milieux humides d'eau douce et d'eau salée au Canada depuis la colonisation européenne



Source : Clarke et collab., 1989.

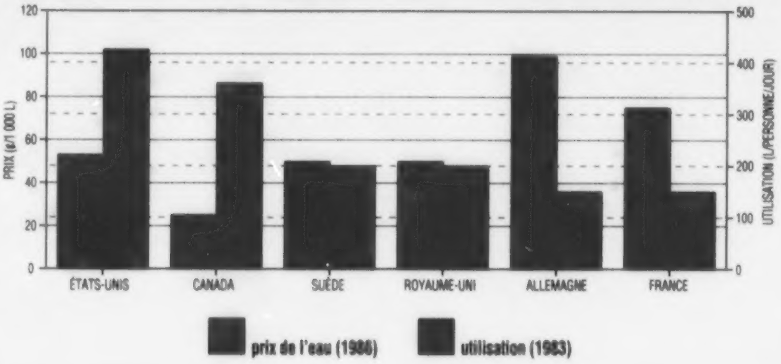
L'élévation du niveau de la mer risque d'entraîner la pénétration d'eau salée dans les nappes d'eau souterraines des régions côtières. Sur la côte du Pacifique, il est probable que les précipitations hivernales augmenteront et que les glissements de terrain et les inondations seront plus fréquents. Avec la disparition de grandes zones marécageuses dans le centre du pays, les habitats fauniques naturels de cette région seront réduits. Les Prairies connaîtront probablement des sécheresses plus fréquentes et plus graves (voir le chapitre 22).

LES FACTEURS NATURELS INFLUANT SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

La qualité de l'eau varie naturellement selon la saison et le lieu géographique; par conséquent, l'eau peut être plus ou moins propre à la consommation humaine et réagir diversement aux

FIGURE 3.3

Comparaison des prix et de l'utilisation de l'eau dans divers pays



Source : Tate, 1990.

perturbations. La définition que la loi donne d'une « bonne eau » varie selon l'usage que l'on veut en faire — boisson, zone de baignade ou milieu sain pour les organismes aquatiques, par exemple — et sa qualité est exprimée d'après des paramètres chimiques, physiques et biologiques. Bien que certaines eaux non traitées soient de qualité médiocre avant même d'être polluées par les humains, les problèmes de qualité les plus urgents au Canada ne sont pas dus à des facteurs naturels.

Les impuretés naturelles

La dureté de l'eau, une mesure qualitative bien connue de la plupart des foyers canadiens, met en évidence la variabilité naturelle de l'eau et les implications que cela comporte. En effet, la dureté des eaux de surface diffère d'une région à l'autre du pays, selon les concentrations naturelles de certaines substances comme le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, les sulfates et les chlorures. La teneur en minéraux peut influer sur l'abondance et la diversité des organismes aquatiques; ainsi, la toxicité de certains métaux pour les poissons augmente avec la dureté de l'eau. Par contre, une eau douce a un faible pouvoir tampon, de sorte qu'elle est plus sujette à l'acidification.

Généralement, les eaux souterraines sont de bonne qualité pour la plupart des usages, mais elles soulèvent des problèmes dans certaines régions. Par exemple, dans les provinces des Prairies et dans certaines parties de l'escarpement du Niagara, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick, la salinité des eaux souterraines est si élevée que la plupart des espèces végétales ne peuvent la tolérer. En outre, dans tout le Canada, les eaux souterraines renferment des constituants chimiques qui proviennent de dépôts minéraux. Certains, comme l'arsenic, les fluorures et l'uranium, sont toxiques; d'autres, comme les sulfures, ont des propriétés acidifiantes et d'autres encore, comme le fer, entraînent des problèmes de saveur.

Les interactions entre le volume et la qualité de l'eau

Les variations naturelles du débit influent aussi sur la qualité de l'eau et ce, par des voies complexes. Ainsi, lorsque l'écoulement d'un cours d'eau est faible, les polluants, les sels et autres matières solides sont dissous ou absorbés en quantités moindres. La qualité de ces eaux se dégrade parce que le volume nécessaire à la dilution totale des polluants est insuffisant et que les apports d'eau d'origine souterraine, généralement plus riches en minéraux, sont proportionnellement plus importants. Un faible débit se traduit aussi par une dégradation de l'habitat des poissons, car l'eau se réchauffe lorsque la température ambiante s'élève. L'autre extrême n'est pas nécessairement plus souhaitable, car en période de grande pluviosité ou de fonte des neiges, les eaux de ruissellement emportent des matières en solution et en suspension dans les cours d'eau. Un débit élevé peut donc entraîner également une baisse de la qualité de l'eau.

Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est un système fermé qui ne peut assimiler qu'une certaine quantité de contaminants. Il est donc essentiel de comprendre comment l'eau et les contaminants circulent dans la biosphère.

L'eau est toujours en mouvement. Elle s'évapore du sol et des masses d'eau ou elle est libérée des tissus végétaux par le processus de transpiration; elle atteint donc l'atmosphère à l'état de vapeur, laquelle, à son tour, se condense et retombe sur le sol sous forme de précipitation. La figure 3.1 représente les principales étapes de ce grand processus de recyclage qu'est le cycle de l'eau, ou cycle hydrologique.

L'eau ainsi recyclée contient, en plus des éléments nutritifs essentiels, des polluants dangereux pour l'environnement. Le cycle hydrologique s'étend à toute la planète. Mettant en interaction la terre et l'atmosphère, il fait fonction de relais entre des régions très éloignées et concourt ainsi à la dissémination des contaminants dans tout l'environnement terrestre. (Ce processus est illustré pour les dépôts acides à la figure 24.7) La contamination des mammifères et des poissons de l'Arctique est un exemple éloquent de la libre circula-tion des polluants par le vecteur de l'eau. Les précipitations et les cours d'eau qui s'écoulent vers le nord favorisent l'acheminement des contaminants jusque dans l'Arctique canadien, depuis leur lointaine origine dans le sud du Canada, aux États-Unis, en Union soviétique, en Europe et en Asie (voir le chapitre 15).

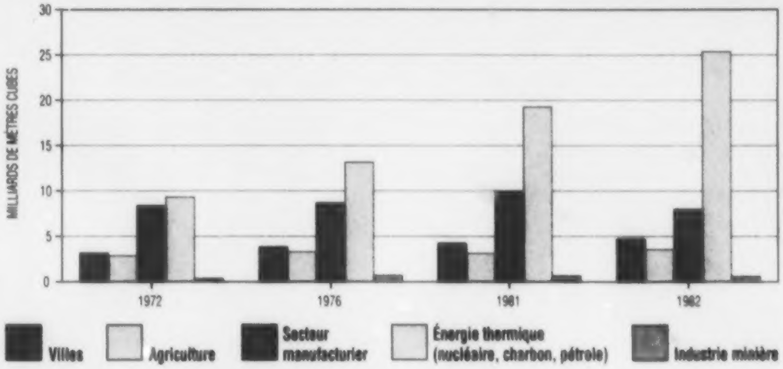
L'UTILISATION DE L'EAU DOUCE DANS LES PRINCIPAUX SECTEURS ÉCONOMIQUES

Toute activité de nature économique nécessite de l'eau douce d'une façon ou d'une autre. Les gestionnaires des ressources hydrologiques s'intéressent aux usages directs de l'eau — comme agent de refroidissement ou de nettoyage, source d'énergie, eau potable, eau d'irrigation, diluant des déchets — et les classent selon qu'il y a consommation d'eau ou non. Cette terminologie peut porter à confusion dans la mesure où l'on peut penser que les usages dits « sans consommation » d'eau comme le transport d'eaux usées, le fonctionnement de turbines ou le refroidissement de la vapeur des turbines hydroélectriques, n'ont aucun impact sur l'environnement puisque l'eau utilisée n'est pas consommée. En fait, bien que le même volume d'eau soit restitué à sa source, il est probable qu'une certaine partie de l'écosystème aquatique soit ou sera touchée par ce prélèvement provisoire ou par le changement de la qualité de l'eau.

Trop longtemps, les Canadiens se sont contentés d'une philosophie boiteuse selon laquelle « la pollution se combat par la dilution ». Même s'il est maintenant prouvé que les eaux possèdent un pouvoir auto-épurateur limité, on continue d'éliminer les déchets dans les rivières et les lacs. Certains polluants, comme les effluents urbains et industriels, sont rejetés directement dans l'écosystème aquatique; on parle alors de source ponctuelle de pollution. D'autres, dont les eaux de ruissellement agricole et urbain et les dépôts atmosphériques, prennent des voies plus diffuses et indirectes : il s'agit alors de sources non ponctuelles de pollution. Qu'ils soient rejetés sciemment ou accidentellement, les contaminants peuvent pénétrer dans l'eau par voie directe ou par voie indirecte. La distinction entre source ponctuelle et source non ponctuelle de pollution ne fait guère de différence dans une perspective écosystémique globale, mais c'est une nuance importante sur le plan de la prévention et de la gestion.

FIGURE 3.4

Total des prélèvements d'eau au Canada, 1972, 1976, 1981 et 1986



Source : Tate et Scharf, sous presse.

Si l'on considère l'écosystème aquatique comme un ensemble et non pas simplement l'eau en tant que ressource, on constate qu'il y a consommation d'eau dans pratiquement toutes les activités humaines. La section suivante traite des usages de l'eau dans certains secteurs économiques clés et examine de quelle façon ces utilisations limitent ou excluent d'autres usages.

L'alimentation en eau des villes : une demande excessive

Pour que chaque personne soit assurée d'une qualité de vie raisonnable, il lui faut environ 80 L d'eau par jour (M 1984). Les Canadiens consomment beaucoup plus d'eau qu'ils n'en ont besoin. En fait, le Canada est le deuxième consommateur d'eau dans le monde, avec en moyenne 360 L par personne et par jour pour les usages domestiques (figure 3.3). Ce gaspillage est peut-être encouragé par la modicité du prix de l'eau au Canada comparé à la plupart des autres pays. Par exemple, à Calgary, où la consommation n'est pas mesurée mais régie par un prix fixe par habitation, on consomme 60 % plus d'eau qu'à Edmonton où les propriétaires payent l'eau en fonction du volume consommé.

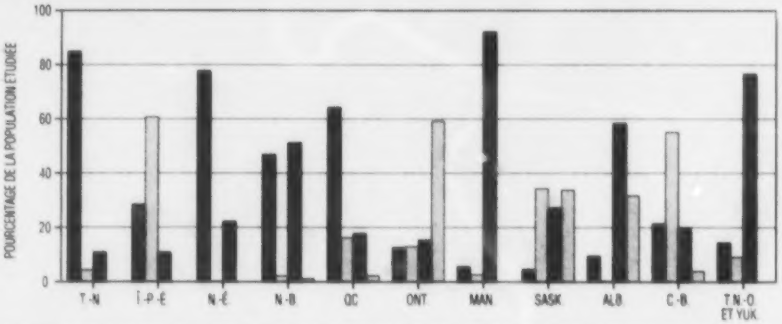
Au Canada, les prélèvements d'eau pour l'alimentation des villes ont augmenté de 49 % entre 1972 et 1986, et ils représentaient 11,2 % du total des prélèvements en 1986 (figure 3.4). Une grande partie (85 % en 1986) de ces prélèvements sont restitués au lac, à la rivière ou à l'aquifère d'origine.

Dans la plupart des cas, les eaux usées urbaines sont traitées, à divers degrés, dans une usine d'épuration avant leur évacuation. Le traitement primaire sert à débarrasser l'eau des déchets solides qu'elle contient par un procédé mécanique. Le traitement secondaire met en jeu des processus biologiques par lesquels des bactéries décomposent le plus gros des matières organiques dissoutes. Enfin, le traitement tertiaire est un procédé chimique qui permet d'éliminer d'autres contaminants comme les éléments nutritifs, les métaux lourds et les matières inorganiques dissoutes.

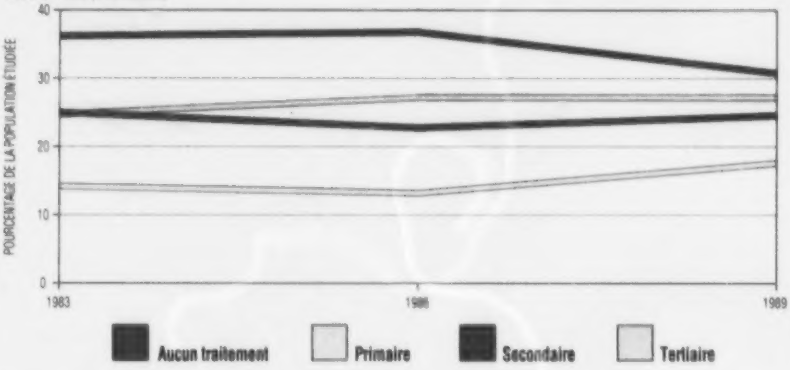
La qualité de l'eau restituée varie selon le degré de traitement. La figure 3.5 présente l'amélioration du traitement des eaux usées dans des villes canadiennes de plus de 1 000 habitants,

FIGURE 3.5

Pourcentage de la population desservie par des installations de traitement primaire, secondaire et tertiaire dans les agglomérations de plus de 1 000 habitants



Les données pour les provinces s'appliquent à l'année 1989 (ci-dessus) et celles pour l'ensemble du pays, aux années 1983, 1986 et 1989 (ci-dessous).



Source : Environnement Canada, 1990*d*.

de 1983 à 1989. La proportion de la population dont les eaux usées sont soumises à un traitement particulier est passée de 63 % en 1983 à 70 % en 1989. Le Québec a reconnu que les villes de la province dont les eaux ne sont pas traitées représentaient une proportion élevée des villes canadiennes dans la même situation, et il prévoit la construction d'une usine d'épuration dans toutes les villes de plus de 5 000 habitants avant la fin de 1995.

Une grande partie des effluents rejetés directement dans les cours d'eau est assimilée par des bactéries. Comme ce processus nécessite de l'oxygène, on parle de la demande biochimique en oxygène des effluents. L'oxygène dissous dans l'eau est essentiel à la plupart des organismes aquatiques. Par conséquent, moins les eaux usées sont traitées, plus les effluents ont une demande biochimique en oxygène élevée et plus leur impact est marqué sur la communauté biologique des eaux réceptrices. En outre, les eaux usées qui n'ont pas reçu de traitement secondaire peuvent contenir des bactéries pathogènes. La tendance à soumettre les effluents municipaux à des traitements secondaire et tertiaire permettra de réduire leurs impacts négatifs sur le milieu aquatique. Néanmoins, quel que soit le type de traitement, il reste à démontrer que les procédés employés peuvent éliminer les substances toxiques.

L'agriculture, un secteur assoiffé

L'agriculture est un secteur de l'économie qui a la réputation d'être « particulièrement assoiffé » (Myers, 1984). Toutefois, en 1986, il occupait le quatrième rang parmi les cinq principaux secteurs économiques pour l'importance des prélèvements d'eau, avec 8,4 % des prélèvements totaux du pays; par contre, à la différence du secteur urbain, seulement 30 % de l'eau prélevée à des fins agricoles retournent à la source.

C'est l'irrigation qui consomme le plus d'eau dans une exploitation agricole. En 1970, on comptait 421 357 ha irrigués au Canada; en 1985, la superficie irriguée était passée à 747 625 ha (figure 3.6). Plus de 90 % de cette superficie se situe dans l'Ouest, l'Alberta représentant à elle seule plus de 60 % du total des terres irriguées au Canada.

L'irrigation influe de diverses façons sur le volume et la qualité de l'eau. Ainsi, la dérivation de l'eau d'une rivière vers les terres réduit le débit de ce cours d'eau et modifie son régime d'écoulement dans le temps. De même, l'eau restituée aux rivières par des canaux d'irrigation et le ruissellement des champs cultivés charrie des engrais, des pesticides, des sels et des sulfates. L'écoulement restitué, dont la teneur en solides dissous totaux peut avoir doublé après l'irrigation, diminue la qualité générale du milieu aquatique pour les organismes qui y vivent. Ce phénomène a été mis en évidence dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud (Hamilton et Wright, 1985) et dans les rivières Bow et Oldman (Hamilton et collab., 1982).

Dans certains cas, moins du tiers de l'eau prélevée dans un cours d'eau atteint effectivement les plantes à cause de problèmes de fuites dans les canalisations et les fossés et d'évaporation. L'amélioration des systèmes d'irrigation actuels réduirait les effets de l'irrigation sur l'environnement.

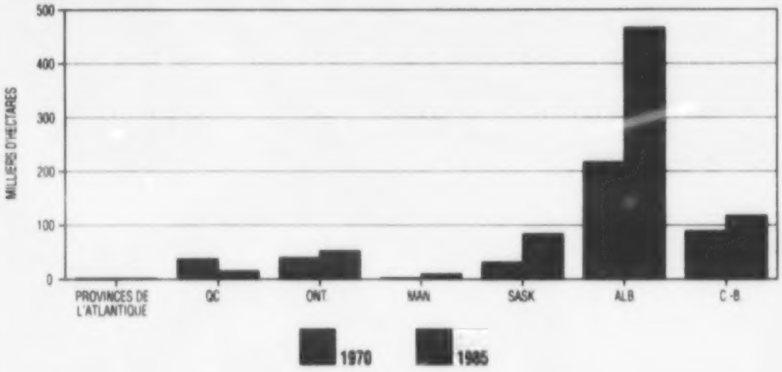
On prévoit que la superficie irriguée augmentera dans certaines régions du Canada. Par exemple, d'ici 2020, les prélèvements d'eau d'irrigation dans le lac Diefenbaker, en Saskatchewan, seraient deux fois et demie plus élevés qu'en 1981. Les gestionnaires des ressources hydrologiques des provinces des Prairies sont aux prises avec une question épineuse, à savoir l'affectation d'une grande partie des réserves d'eau à des fins d'irrigation au détriment d'autre usages. Lorsque l'eau n'est disponible qu'en quantité limitée et qu'elle sert à l'irrigation, d'autres usages d'ordre social, environnemental ou économique deviennent impossibles. En outre, l'évaluation des coûts et des avantages de l'irrigation se complique du fait que les bénéficiaires les plus directs, essentiellement les agriculteurs, ne paient pas le prix réel de cette alimentation en eau. En effet, les provinces paient en moyenne 85 % du coût total de l'alimentation en eau d'irrigation. Or, le financement public de l'irrigation fait boule de neige, entraînant une augmentation de la superficie agricole et, par conséquent, une escalade de la demande pour une ressource limitée.

Certains allégueront que la construction des barrages et des ouvrages de dérivation pour l'irrigation ont des retombées importantes sur le développement économique régional. Toutefois, les projets de ce genre font de plus en plus l'objet d'examens, de débats publics et de litiges en raison de leurs effets dommageables éventuels sur l'environnement. À preuve, la controverse suscitée récemment par la construction d'un barrage sur la rivière Oldman, en Alberta, et par le projet Rafferty–Alameda en Saskatchewan. De même, le projet originel de détournement de la rivière Garrison, dans le Dakota du Nord, a provoqué l'opposition des gouvernements du Canada et du Manitoba et a été rejeté par la Commission mixte internationale en raison du risque d'introduction d'espèces étrangères de poissons, de parasites et de maladies qui auraient pu nuire aux pêches commerciale et sportive dans le lac Winnipeg.

Au Canada, on compte 243 ingrédients actifs dans les quelque 1 250 produits commerciaux utilisés comme pesticides agricoles. Bien qu'un grand nombre d'entre eux se décomposent rapidement ou sont retenus dans le sol, une certaine quantité parvient malheureusement jusqu'aux lacs et aux cours d'eau par diverses voies, notamment le ruissellement, l'érosion du sol, les dépôts atmosphériques, les négligences dans les modes d'utilisation ou d'élimination et l'infiltration dans les eaux souterraines (voir l'encadré 3.2 et la section portant sur les pesticides).

[illegible]

Superficie de terres irriguées au Canada en 1970 et 1985, par région



Source : Statistique Canada, 1973, 1987.

Les engrais chimiques employés en agriculture se dissolvent facilement dans l'eau; le ruissellement superficiel et la percolation les entraînent des terres agricoles jusqu'aux lacs et aux rivières dont ils provoquent l'eutrophisation (voir le chapitre 18). Le fumier des fermes laitières et des parcs d'engraissement peut aussi augmenter la charge de matières nutritives des eaux de surface et des eaux souterraines, élevant ainsi leur demande biochimique en oxygène et favorisant leur eutrophisation.

Les procédés industriels : pour une politique de dépollution

Les procédés industriels qui ne nécessitent pas d'eau sont rares, sinon inexistants. Dans l'industrie, l'eau sert à divers usages : outre son incorporation dans des produits, elle est utilisée pour les lavages par balayage ou chasse d'eau et sert d'agent de refroidissement, de nettoyage ou de dilution des déchets. La figure 3.4 montre que, de 1972 à 1986, les prélèvements d'eau ont augmenté dans tous les secteurs de l'économie, à l'exception du secteur manufacturier où, en fait, ils ont diminué de 5 %. La raison de cette anomalie reste obscure. Il se peut que cette diminution soit due à l'adoption de procédés d'économie d'eau ou qu'elle résulte d'autres facteurs (c.-à-d. des tendances économiques). Les prochains relevés devraient nous éclairer sur la nature de ce changement.

L'industrie en général est la source d'un grand nombre de substances qui contaminent le milieu aquatique : mercure, soufre des dépôts acides, divers composés organochlorés comme les BPC et les HAP, et sédiments, pour n'en nommer que quelques-uns. On trouvera plus loin une analyse plus détaillée de certains de ces polluants et de leurs effets sur le milieu aquatique. Voici un bref examen de l'impact de l'utilisation de l'eau dans certains secteurs industriels.

L'industrie minière

Les prélèvements d'eau de l'industrie minière sont très modestes par rapport à ceux d'autres secteurs économiques; toutefois, de 1972 à 1986, ils ont aug-

[illegible]

Les pesticides agricoles et les eaux souterraines

Au Canada, une personne sur quatre est alimentée en eau souterraine pour ses usages domestiques et plus de 85 % de l'eau consommée par les animaux d'élevage provient d'aquifères (Hess, 1986). La contamination par les pesticides a été observée dans l'eau des puits, de l'île du Prince-Édouard à la Colombie-Britannique. Dans la plupart des cas, il est difficile de déterminer si cette contamination est due à des déversements ou autres phénomènes accidentels, ou si elle résulte de l'infiltration de pesticides d'usage courant jusqu'aux nappes souterraines. Parmi les pesticides agricoles détectés dans les eaux souterraines, mentionnons les résidus d'aldicarb, le piclorame, l'alachlore, le chlorothalonil, le carbofurane et le 1,2-dichloropropane (Gillis et Walker, 1986; Krawchuck et Webster, 1987). En outre, d'autres substances d'usage répandu, notamment les engrais, atteignent aussi les eaux souterraines. Les eaux de surface peuvent être contaminées au point d'émergence des eaux souterraines (p. ex., les sources et l'apport des eaux souterraines dans les cours d'eau).

Bien des facteurs influent sur la probabilité qu'un pesticide donné contamine les eaux souterraines. Un produit qui se décompose vite ou qui s'évapore facilement présente moins de risques d'infiltration dans le sol. Il est utile de connaître les caractéristiques du sol où la substance est utilisée ainsi que la nature et l'abondance des précipitations pour déterminer si le pesticide peut atteindre la nappe souterraine. Enfin, il faut évidemment tenir compte des variables liées au mode d'utilisation du pesticide, comme le moment du traitement et la dose utilisée. En tenant compte de tous ces facteurs dans l'épandage de pesticides, on peut limiter les risques de pollution des eaux souterraines.

Récemment, des études préliminaires visant la collecte de renseignements et la mise au point de mesures pour assurer la protection des eaux souterraines ont été menées au Canada. Dans le cadre d'une recherche d'envergure nationale, McRae (1989) a produit une série de cartes du sud du Canada à l'échelle de 1/2 000 000 représentant les zones où il y a des risques de contamination des eaux souterraines. Ces zones sont définies en fonction des principales caractéristiques du sol sous-jacent et du paysage. Dans une autre étude, Turner (sous presse) a élaboré un modèle de la vulnérabilité des eaux souterraines d'après les renseignements recueillis sur la texture du sol et l'utilisation des terres dans un secteur de 30 000 km^2 du sud-est de la Saskatchewan et du sud-ouest du Manitoba. Au moyen d'un système d'information géographique, Turner a superposé des cartes pédologiques sur des cartes d'utilisation des terres pour produire des cartes de la vulnérabilité des eaux souterraines (figure 3.E3)

Ces études préliminaires ont permis de constater l'utilité des cartes de vulnérabilité : les gestionnaires des ressources peuvent y examiner de grandes superficies et repérer des zones à risque où la surveillance (p. ex., l'échantillonnage de l'eau des puits) doit être concentrée en vue de déterminer si les eaux souterraines sont contaminées. Les organismes de réglementation pourraient aussi se baser sur ces cartes pour décider dans quelles régions il y aurait lieu de limiter l'usage de certains pesticides. Même si les techniques employées dans ces études sont prometteuses, elles restent pour l'instant expérimentales. L'un des principaux obstacles qu'il faut surmonter est la possibilité d'erreurs d'interprétation et d'utilisation des données. Les cartes pourraient se révéler des aides et des outils précieux, mais elles ne remplaceront jamais le jugement des spécialistes.

menté de 64 %. Même si la consommation d'eau de cette industrie est comparativement faible, ses effets ne peuvent être négligés pour autant. Dans les procédés d'exploitation minière, la même eau est souvent employée à plusieurs reprises pour le lavage des matériaux. L'eau de traitement évacuée contient généralement des résidus du minerai extrait et d'autres déchets minéraux ainsi que de petites quantités de réactifs, dont bon nombre sont très toxiques. Les eaux résiduaires sont habituellement retenues dans des bassins avant d'être évacuées dans un cours d'eau ou un lac, mais il arrive parfois des fuites et elles gagnent alors les eaux souterraines ou les eaux de surface. Souvent, les procédés d'exploitation utilisés dans les mines souterraines ou à ciel ouvert donnent lieu à la formation d'acide. Par exemple, le minerai métallique sulfurifère peut s'oxyder et produire de l'acide sulfurique, de sorte que les eaux réceptrices deviennent très acides et contiennent des concentrations très élevées de métaux.

Dans l'ensemble, les diverses étapes de l'exploitation minière peuvent avoir toutes sortes d'effets néfastes sur la qualité de l'eau et sur le milieu aquatique. Mentionnons à cet égard la sédimentation et la turbidité, l'augmentation de la concentration de métaux lourds, particulièrement du cadmium, et de l'acidification avec mobilisation de métaux, l'introduction de réactifs, dont le cyanure de sodium, des orthocrésols, des crésols et de l'acide crésylique, et le rejet de produits pétroliers.

L'industrie des pâtes et papiers

Les Canadiens qui se préoccupent de la qualité de l'eau accordent une importance de plus en plus grande aux usines de pâtes et papiers. Les effluents de ces installations contiennent notamment des déchets solides et des produits chimiques organochlorés comme les dioxines et les furanes, qui sont des sous-produits du blanchiment au chlore. Toutes ces substances peuvent avoir des effets nuisibles sur l'écosystème aquatique. En se décomposant, la matière organique peut épuiser la réserve d'oxygène de l'eau, dont la présence est essentielle à la vie d'organismes tels que les poissons. Toutefois, ce sont les composés organochlorés, en particulier les dioxines et les furanes, qui soulèvent le plus de préoccupation, étant donné qu'ils ont tendance à s'accumuler dans les organismes.

Dans bon nombre d'usines, on remplace le chlore par du dioxyde de chlore et du peroxyde d'hydrogène dans le blanchiment du papier fin, ce qui réduit considérablement la formation de dioxines et

de furanes. La réglementation a aussi contribué à réduire les impacts environnementaux de l'industrie des pâtes et papiers. La figure 3.7 montre que, dans l'ensemble, la demande biochimique en oxygène et les solides totaux en suspension des effluents de cette industrie ont diminué depuis 1970. Ces rejets ont été réglementés en 1973 en vertu de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral. On procède actuellement à une révision de ces règlements en vue d'éliminer pratiquement tous les rejets de dioxines et de furanes.

L'industrie pétrolière

Depuis 1972, l'industrie pétrolière canadienne a nettement réduit ses rejets liquides de sulfures, de phénols, d'azote ammoniacal, d'huiles et de graisses et de solides totaux en suspension (figure 3.8). S'il y a beaucoup moins de rejets de contaminants dangereux d'origine pétrolière dans les cours d'eau, c'est en grande partie grâce aux règlements et aux directives adoptés en 1973 en vertu de la *Loi sur les pêches*.

La réduction des rejets industriels toxiques

La réduction des rejets industriels toxiques de toutes origines passe par la concertation et la collaboration des gouvernements de tous les paliers et de l'industrie. Le Plan d'action Saint-Laurent est une étape dans cette direction. Le gouvernement du Canada et celui du Québec ont répertorié 50 installations industrielles le long des rives du Saint-Laurent et ont convenu de réduire de 90 % les rejets liquides toxiques de ces industries d'ici 1993. Les rejets de 20 installations sont maintenant réglementés. D'autres industries d'intérêt prioritaire dont les rejets ne sont pas réglementés élaborent des plans de dépollution conformes à l'objectif de réduction de 90 %. En mai 1991, une entente officielle avec le ministère de l'Environnement du Québec a été signée par 22 des 30 industries non réglementées.

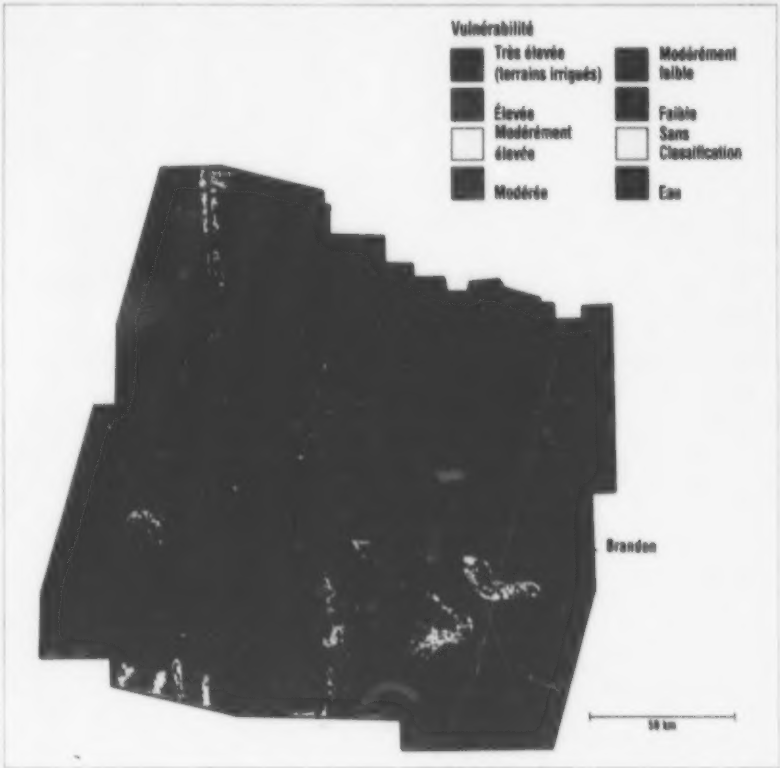
En Ontario, on a mis en œuvre une Stratégie municipale et industrielle de dépollution en vue de réduire la pollution des eaux. Les municipalités de la province et neuf grands secteurs industriels participent actuellement à ce programme. En vertu de la réglementation maintenant appliquée à ces neuf secteurs, les producteurs de rejets doivent évaluer la nature des substances toxiques des effluents et mesurer leurs concentrations et leurs quantités totales. Ces données serviront ultérieurement à l'élaboration de règlements de dépollution des eaux.

Par ailleurs, vers la fin des années 1980, des associations de l'industrie forestière, de l'industrie minière métallique et non métallique, de l'industrie des pâtes et papiers et de l'industrie chimique ont établi des codes de pratiques environnementales dans lesquels sont décrites des techniques douces et non polluantes de l'utilisation de l'eau. Leur application n'est cependant pas obligatoire.

FIGURE [illegible]

Vulnérabilité à la contamination des eaux souterraines près de Brandon, au Manitoba

La portion la plus vulnérable (0,04 %) de la superficie de 30 000 km² représentée sur cette carte est située juste à l'est de Brandon, dans un secteur où des terrains à sol sableux sont irrigués pour la culture. La portion dont la vulnérabilité est « élevée » et « modérément élevée » (5%) se trouve aussi dans un secteur à sol sableux mis en culture, mais sans irrigation.



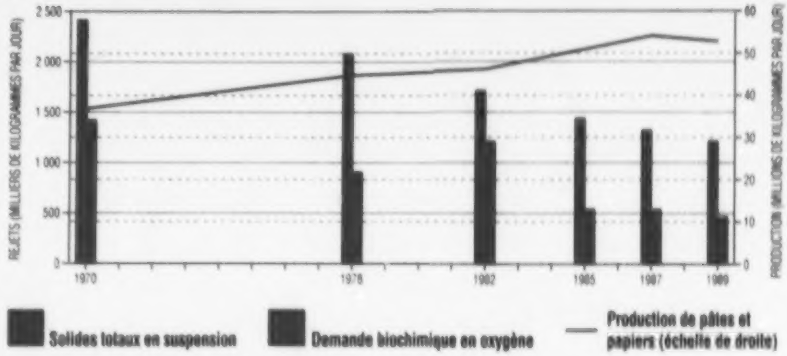
Source : Turner, sous presse.

La thermoélectricité et l'hydroélectricité : la part du lion

Parmi les secteurs économiques du Canada, celui de l'énergie est le plus gros « buveur » d'eau. En 1986, les quelque 80 centrales thermoélectriques canadiennes, dont 18 centrales nucléaires, ont utilisé un volume d'eau phénoménal équivalant à 1 300 heures d'écoulement continu des chutes Niagara.

FIGURE 3.7

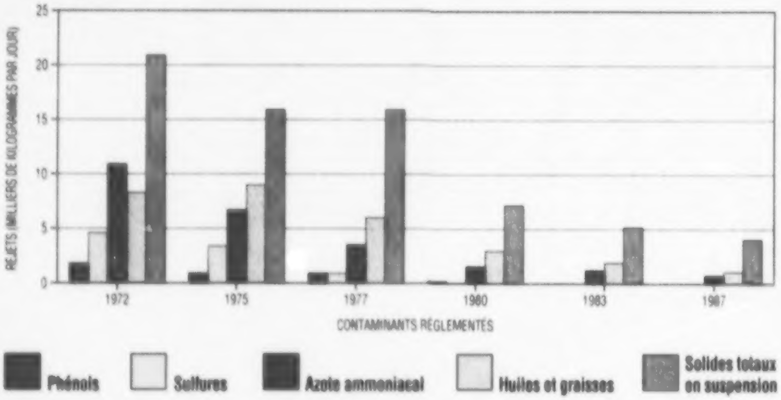
Solides totaux en suspension et demande biochimique en oxygène des eaux douces recevant des rejets de l'industrie des pâtes et papiers, 1970–1989



Source : Direction des programmes industriels, Environnement Canada.

FIGURE 3.8

Rejets nets de déchets liquides[a] par l'industrie pétrolière au Canada, 1972–1987



[a] Pour les substances faisant l'objet d'une réglementation, les rejets nets représentent une moyenne annuelle.

Source : Direction des programmes industriels, Environnement Canada.

D'après la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988), le développement mondial sera peut-être limité, en définitive, par la disponibilité des ressources énergétiques et par la capacité de la biosphère d'absorber les sous-produits de l'utilisation de l'énergie. La production d'énergie thermique (nucléaire, charbon, pétrole) et hydroélectrique a des effets marquants sur les eaux du Canada. Les prélèvements nécessaires à la production d'énergie thermique représentaient 60 % du total des prélèvements en 1986, une augmentation de 172 % depuis 1972. Cette hausse est essentiellement attribuable à la mise en service de nouvelles centrales nucléaires en Ontario.

La majeure partie de l'eau servant à la production de vapeur et au refroidissement est restituée au lac ou au cours d'eau d'origine. La production d'énergie thermique n'épuise peut-être pas les réserves d'eau, mais elle en altère la qualité, car elle élève la température des eaux réceptrices, malgré un refroidissement préalable en bassin. Ce réchauffement, appelé pollution thermique, peut nuire aux espèces aquatiques qui, comme la truite, ne peuvent vivre qu'en eau froide. L'élévation de la température peut aussi accélérer l'évaporation de l'eau. Dans les petites masses d'eau, les pertes par évaporation peuvent entraîner une augmentation excessive de la concentration des sels, comme c'est le cas du réservoir Boundary aménagé sur le ruisseau Long, dans le bassin de la rivière Souris, en Saskatchewan.

Le secteur de l'énergie fournit aussi sa part de contaminants dans le milieu aquatique. Les rejets de soufre des centrales thermiques alimentées au charbon aggravent considérablement le problème des dépôts acides. Les centrales thermiques nucléaires pourraient avoir des effets sur les milieux aquatiques du Canada s'il se produisait des fuites de déchets radioactifs; toutefois, aucun accident majeur ne s'est produit jusqu'à maintenant. Les eaux de surface et les eaux souterraines pourraient aussi être contaminées près des installations d'affinage ou d'élimination de l'uranium.

L'énergie de l'eau, ou énergie hydraulique, est la principale source d'électricité au Canada, comme en font foi les 613 grands barrages et les 54 ouvrages de dérivation interbassins récemment inventoriés dans le pays (tableau 3.1). En 1988, l'énergie hydraulique a été à l'origine de plus de 62 % de l'électricité produite au Canada; cette production pourrait augmenter de 26 % d'ici 2005.

Les inconvénients des barrages

L'énergie hydraulique a souvent été présentée comme une source d'électricité « écologiquement propre » possédant des avantages intrinsèques par rapport à l'énergie nucléaire ou à l'énergie produite au moyen de combustibles fossiles. Toutefois, les barrages qui retiennent l'eau pour assurer une production à longueur d'année causent de grands changements dans les écosystèmes terrestres et

aquatiques, notamment la réduction des habitats en eaux courantes des plantes et des animaux et, dans la vallée, l'inondation de terres précieuses pour l'agriculture et pour les espèces sauvages. La submersion de la matière organique peut entraîner l'épuisement de l'oxygène dissous, ce qui risque d'avoir de sérieuses répercussions sur la flore et la faune des écosystèmes aquatiques. De plus, en l'absence d'oxygène dissous, une série de réactions biochimiques se déclenche à l'interface sédiments–eau. Par exemple, des microbes proliférant en présence de matière organique immergée transforment par méthylation le mercure inorganique naturel en composés toxiques du méthylmercure; ceux-ci étant bioassimilables, passent dans la chaîne alimentaire aquatique (voir l'encadré 3.3). En outre, on maintient habituellement le niveau des réservoirs de façon à optimiser la production hydroélectrique, ce qui n'est pas toujours compatible avec les exigences de l'écosystème naturel, notamment la reproduction de la sauvagine et la migration des poissons.

Les aménagements hydroélectriques sont à la fois avantageux et coûteux pour les autres usagers des ressources en eau. Ainsi, des pêches sportives et commerciales se sont ouvertes dans certains réservoirs, mais ailleurs, les ressources halieutiques ont été détruites. Dans bien des cas, ce sont surtout les autochtones qui ont subi le contrecoup négatif des aménagements : ils ont dû abandonner leurs moyens de subsistance traditionnels pour passer sans transition à un autre mode de vie, ce qui a souvent eu des répercussions sociales tragiques.

TABLEAU 3.1

Barrages et dérivations interbassins au Canada

Territoire	Barrages			Dérivations		
	Nombre de grands barrages	Capacité brute de stockage ($10^9 m^3$)	Capacité transformable en hydroélectricité (%)	Nbre de dérivations	Débits annuels moyens (m^3/s)	Proportion transformable en hydroélectricité (%)
Terre-Neuve	79	76,7	100	5	725	100
Nouvelle-Écosse	35	1,3	93	4	18	100
Île-du-Prince-Édouard	—	—	—	—	—	—
Nouveau-Brunswick	16	1,4	95	2	2	27
Québec	189	393,9	98	6	1 854	100
Ontario	79	54,9	73	9	564	89
Manitoba	34	75,9	99	5	773	97
Saskatchewan	38	30,7	77	5	30	85
Alberta	48	5,8	63	9	67	22
Colombie-Britannique	89	176,2	95	9	367	89
Territoires du Nord-Ouest	3	0,3	100	—	—	—
Yukon	3	—	100	—	—	—
Canada	**613**	**817,1**	**95**	**54**	**4 400**	**96**

Source : Comité national canadien de la Commission internationale des grands barrages, 1984; Quinn, 1990.

Le transport maritime : un pollueur subtil

Le transport maritime perturbe l'écosystème aquatique de façons multiples et subtiles. Ainsi, la circulation des bateaux entraîne l'érosion des berges et la remise en suspension des sédiments, et nécessite des dragages d'entretien dans les voies navigables. Les navires et les bateaux rejettent des substances dangereuses dans l'écosystème aquatique; même les brise-glace sont un danger pour les poissons et les animaux sauvages (Pearse et collab., 1985).

En plus de leur cargaison, les navires transportent souvent des passagers clandestins dans leurs eaux de ballast. Ainsi, la dreissena polymorphe, une moule minuscule, serait arrivée récemment d'Europe dans les eaux de ballast évacuées par des navires dans le lac Sainte-Claire. Comme elle se multiplie rapidement, on s'attend qu'elle envahisse les Grands Lacs ainsi que les voies d'eau intérieures qui leur sont reliées (Lewis, 1990). Cette nouvelle venue pourrait être la cause d'un désastre économique et écologique (voir le chapitre 18).

Les loisirs en milieu aquatique

« Ce qui manque de plus en plus, ce sont des refuges de solitude qui régénèrent l'esprit. L'eau attire les gens justement pour cette raison : elle est source d'apaisement. Ce phénomène est universel. Une vaste étendue d'eau a un pouvoir de guérison. » C'est ce que déclarait en 1989 la journaliste canadienne June Callwood devant la Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto.

La plupart des Canadiens s'adonnent à des activités récréatives en milieu aquatique, qu'il s'agisse de baignade, de pêche, de patinage, de canotage ou simplement d'une promenade au bord d'un lac. Certains recherchent la solitude des lacs et des parcs du Grand Nord, mais pour la plupart des citadins, les rivières, lacs et réservoirs des environs suffisent. Toutefois, il est de plus en plus difficile pour les habitants des villes de trouver des sites agréables près de chez eux, car la qualité de l'eau se dégrade et, avec l'urbanisation, l'accès de ces sites est de plus en plus limité.

Les provinces et les municipalités se basent sur les Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada, de Santé et Bien-être social Canada (1983), pour élaborer des normes d'utilisation des

ENCADRÉ 3.2

Les principaux aménagements hydroélectriques du Canada

Au Canada, les projets d'aménagement hydroélectrique se sont accélérés dans les années 1960 par suite d'un changement de la politique fédérale visant des ententes d'exportation à plus long terme. Parmi les principaux projets, on compte le barrage W.A.C. Bennett (1967) sur la rivière de la Paix et le barrage Mica (1972) sur le fleuve Columbia, en Colombie-Britannique; le projet des chutes Churchill (1971), au Labrador; le projet de régularisation du lac Winnipeg et de dérivation des rivières Churchill et Nelson (1976), au Manitoba; et le projet La Grande (phase I, 1983), dans la région de la baie James, au Nouveau-Québec.

La modification de l'écoulement d'un cours d'eau peut avoir des effets marquants, comme ce fut le cas dans le delta des rivières de la Paix–Athabasca après la construction du barrage W.A.C. Bennett. La perturbation du processus annuel d'inondation du delta a provoqué la transformation des milieux humides en habitats terrestres moins productifs. C'est au cours des études de suivi sur les effets du projet Churchill–Nelson que le lien entre les concentrations élevées de mercure et les ouvrages de retenue ont été découverts pour la première fois. Ces concentrations plus élevées ont été attribuées à la méthylation du mercure causée par la submersion de la matière organique. Depuis, on a relevé des concentrations élevées de mercure à d'autres endroits. Par exemple, la phase I du projet La Grande, au Nouveau-Québec, a eu pour principal impact de faire augmenter la concentration de mercure de quatre à six fois dans les tissus des poissons des réservoirs.

eaux visant à éliminer les risques pour la santé et la sécurité des Canadiens. Ces recommandations sont fondées sur des limites acceptables en matière de coliformes fécaux et de micro-organismes pathogènes, sur des analyses des sources potentielles de pollution comme les eaux usées insuffisamment traitées, les substances dangereuses et les eaux pluviales, et sur des études des autorités sanitaires traitant des infections transmissibles par l'eau.

Après avoir évalué les risques d'infection d'après ces recommandations, bon nombre de municipalités ont dû fermer temporairement des plages. Par exemple, en août 1987, la baignade a été interdite sur toutes les plages torontoises du lac Ontario, leur pollution posant des risques pour la santé (Conseil des sciences du Canada, 1988). De même, le lac Trout, dans la région de Vancouver, a été fermé presque toute l'année 1989 pour cette même raison.

Le plus souvent, c'est la pollution due aux rejets des égouts unitaires et des égouts pluviaux qui entraîne la fermeture des plages. Les égouts unitaires, qui existent encore dans les anciens quartiers de bon nombre de villes canadiennes, transportent tant les eaux usées domestiques que les eaux pluviales. Habituellement, ces égouts acheminent les eaux usées domestiques vers une station de traitement. Toutefois, lors de gros orages, le débit des égouts unitaires est si élevé que le volume d'eau ne peut être admis en totalité dans l'installation de traitement; des déversoirs rejettent alors directement les eaux usées et les eaux pluviales dans le milieu récepteur, et ces eaux finissent par atteindre les plages.

Les activités récréatives sont souvent entravées par la pollution, mais elles peuvent aussi contribuer à la dégradation du milieu aquatique. Des taux élevés de fréquentation des plages peuvent se traduire à court terme par une augmentation des populations bactériennes dans l'eau. La circulation de bateaux à moteur peut être la source de déversements d'essence et d'huile à moteur. La navigation de plaisance peut aussi entraîner l'érosion des rives des lacs et des cours d'eau, rendant ainsi les eaux turbides et perturbant les communautés d'organismes aquatiques. Enfin, en cas de fuite, le contenu des fosses septiques des chalets peut atteindre les lacs et les rivières du voisinage.

Ce genre de problèmes a donné lieu à une réglementation plus stricte de l'utilisation des bateaux à moteur et de la construction de chalets en bordure de l'eau. Par exemple, l'application des règlements de la *Loi sur la marine marchande du Canada* restreignant l'utilisation des bateaux à moteur s'est généralisée. Ainsi, les municipalités du Québec, de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, du Manitoba, de la Nouvelle-Écosse et de l'Ontario ont eu recours à cette loi pour restreindre la circulation des bateaux dans certains lacs et cours d'eau.

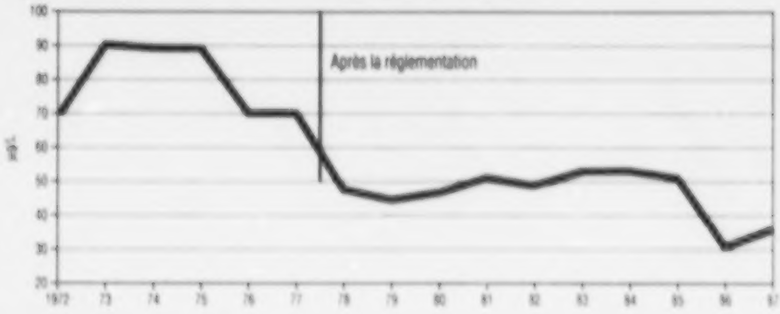
LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS : L'ABONDANCE PEUT NUIRE

Pour que la production de la végétation des écosystèmes aquatiques soit assurée, l'eau doit contenir une concentration minimale d'éléments nutritifs, en particulier du phosphore et de l'azote. Une surabondance provoque toutefois l'apparition de fleurs d'eau, une prolifération massive d'algues caractérisée par le verdissement de la colonne d'eau. À un stade avancé, cette prolifération incontrôlée, qui prend alors le nom d'eutrophisation, peut détruire la communauté biologique aquatique, ruiner la valeur récréative des lacs et des cours d'eau et hausser le coût du traitement de l'eau potable.

Les effluents urbains et industriels ainsi que les eaux de ruissellement des zones agricoles (notamment les fermes laitières et les exploitations d'élevage) sont les principales sources de phosphore et d'azote dans l'écosystème aquatique. Au début des années 1970, en vertu de la *Loi sur les ressources en eau du Canada*, on a mis en œuvre des programmes visant à limiter la teneur en phosphore des détergents. On a aussi amélioré le traitement des eaux usées, particulièrement dans la région des Grands Lacs, pour réduire la teneur en phosphore des effluents urbains. Grâce à ces mesures, l'eutrophisation des masses d'eau a commencé à ralentir.

FIGURE 3.9

Concentrations de phosphore total dans la baie de Quinte avant et après la réglementation des rejets de phosphore



Source : Commission mixte internationale, 1989.

En dix ans, la concentration de phosphore dans les eaux de la baie de Quinte a presque baissé de moitié (figure 3.9). Parallèlement, la densité du phytoplancton, un bon indicateur de la surabondance de phosphore dans l'eau, a aussi diminué grandement. Toutefois, la suppression de certaines sources ponctuelles de polluants n'est qu'une victoire partielle. Dans les Grands Lacs, les apports de phosphore de sources non ponctuelles sont maintenant beaucoup plus importants que ceux des sources ponctuelles et cette situation exige elle aussi la mise en œuvre de mesures concertées. Par ailleurs, les concentrations de nitrates et de nitrites ont augmenté. On redoute qu'un assouplissement des règlements touchant le phosphore ne se traduise par une autre poussée d'eutrophisation, étant donné l'excès d'azote actuel (voir le chapitre 18).

Même si l'on a réussi à réduire la charge de phosphore dans bien des régions du Canada, la surabondance des éléments nutritifs reste un problème commun dans les cours d'eau et les lacs des Prairies. Les chercheurs constatent que, malgré la réduction des concentrations de phosphore, les mauvaises herbes aquatiques et les fleurs d'eau ne disparaissent pas toujours au rythme prévu. Par exemple, la charge de phosphore a été réduite de 80 % à Regina et les parcs d'engraissement ont été réaménagés loin des cours d'eau et des lacs, mais il n'y a pas eu d'amélioration notable dans les lacs Qu'Appelle. Il en a été de même dans la rivière Thompson, près de Kamloops (Bothwell et collab., 1989) et dans la rivière Bow, en aval de Calgary (Charlton et Bayne, 1986). Ce phénomène pourrait notamment s'expliquer par un processus de recyclage interne : si la teneur en oxygène dissous de l'eau est insuffisante, le phosphore retenu dans les sédiments serait libéré, devenant ainsi assimilable par les plantes aquatiques (Chambers et collab., 1989).

QUELQUES CONTAMINANTS TOXIQUES CHOISIS

De 1968 à 1972, le déversement d'huiles usées, provenant principalement des industries chimique et pétrochimique, a pollué les eaux souterraines entre les villes de Mercier et de Sainte-Martine au Québec. L'eau des puits a été contaminée. La santé des résidants a été mise en danger à leur insu et, après des mesures correctives de 10 millions de dollars, l'eau était encore impropre à la consommation en 1986 (Conseil des sciences du Canada, 1988).

Beaucoup de contaminants pénètrent dans les eaux douces par suite d'activités humaines. Un grand nombre de ces substances peuvent être dommageables pour l'environnement ou pour la vie humaine, et elles sont définies comme étant toxiques dans la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988.

Une substance possède une toxicité « aiguë » si elle agit rapidement et a des effets létaux ou sublétaux à court terme. Elle possède une toxicité « chronique » si une période relativement longue s'écoule avant qu'elle n'entraîne des changements du métabolisme ou de la reproduction, ou des mutations et la mort. Certaines substances ont à la fois des effets toxiques aigus et des effets chroniques.

Une substance peut être rémanente ou non, selon le temps qu'il lui faut pour se décomposer. Qu'ils soient rémanents ou non, les contaminants peuvent avoir des effets néfastes sur le milieu aquatique et ce, à des degrés qui varient selon leur quantité et leur provenance. Les substances non rémanentes à toxicité aiguë peuvent donner un « choc » au biote des rivières et des lacs, causant des mortalités soudaines ou de graves stress chez les poissons et les plantes. Les substances rémanentes, par contre, peuvent avoir des effets aigus et des effets chroniques, et leur action peut se faire sentir longtemps après la disparition de la source de pollution.

Quelle que soit la voie de pénétration des substances rémanentes dans le milieu aquatique — sources ponctuelles ou non et rejets accidentels ou de façon délibérée — , ces substances se dispersent dans tout ce milieu et causent des dommages ailleurs. La figure 3.10 illustre la circulation des substances toxiques dans l'eau, hors de l'eau puis à nouveau dans l'eau.

Les organismes aquatiques peuvent absorber des contaminants toxiques de l'eau environnante, soit directement par la surface de leur corps, soit par respiration ou par ingestion d'eau, soit encore par ingestion de nourriture contaminée. Lorsqu'un organisme absorbe un contaminant dont la rémanence est supérieure à sa capacité de métabolisation ou d'élimination, ce contaminant chimique s'accumule, avec le temps, dans ses tissus. Ce processus insidieux est appelé bioaccumulation. Parallèlement, les concentrations de ces substances bioaccumulées augmentent graduellement à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire, et l'on parle alors de bioamplification. Ainsi, un

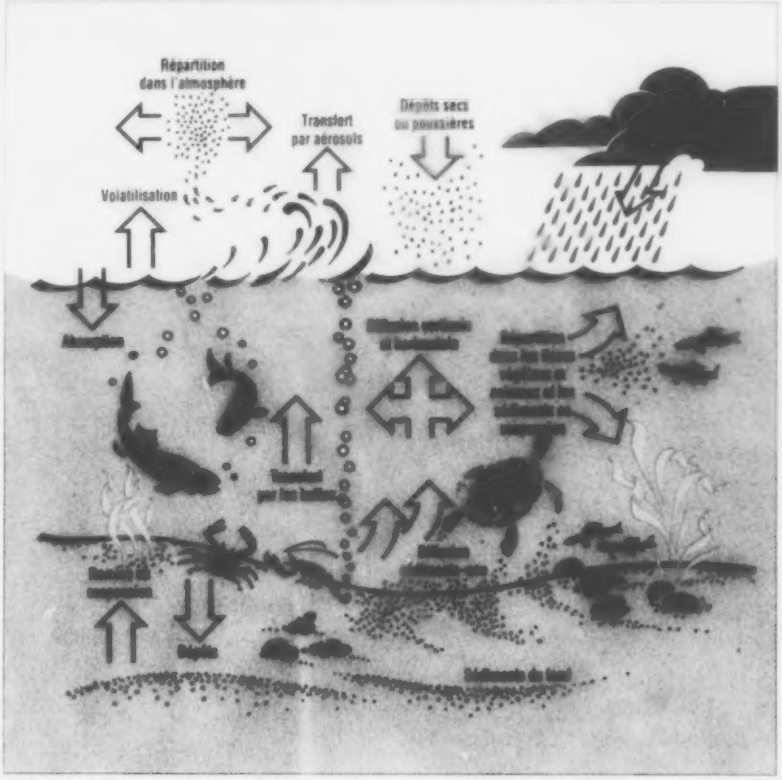
contaminant pratiquement impossible à détecter dans l'eau peut, en passant de la proie au prédateur, atteindre une concentration des centaines ou des milliers de fois supérieure à sa valeur initiale lorsqu'il se retrouve dans les tissus du poisson prédateur. La bioamplification se poursuit lorsque des espèces fauniques, des animaux domestiques ou des humains mangent le poisson contaminé. La figure 3.11 illustre la bioamplification d'une famille de substances toxiques rémanentes, les BPC, dans la chaîne alimentaire aquatique.

L'importance des effets possibles de la synergie apparait plus clairement lorsque l'on sait qu'à ce jour 362 contaminants chimiques ont été détectés dans l'écosystème des Grands Lacs (Commission mixte internationale, 1987). On comprend encore mal les effets synergiques en eau douce, mais les études menées en laboratoire ont mis en lumière certains dangers possibles. Par exemple, un mélange de pesticide malathion et d'EPN (phénylphosphonothioate d'éthyle et de p-nitrophényle) s'est révélé presque trois fois et demie plus toxique que prévu pour le petit du faisan et de la caille, d'après la toxicité de chacun des produits chimiques séparément (Kreitzer et Spann, 1973). Même le mélange d'une substance non toxique à une substance toxique peut avoir des effets synergiques. Hoffman et Albers (1984) ont constaté que des pesticides mélangés à une huile non toxique peuvent être jusqu'à 18 fois plus toxiques que lorsqu'ils sont mélangés à de l'eau.

La santé des écosystèmes aquatiques se répercute en définitive sur la santé humaine. Même si le lien entre les deux est complexe et encore mal connu, on ne peut s'empêcher d'être inquiet à la vue des symptômes d'un écosystème malade. Tumeurs et maladies chez les poissons contaminés par les toxines de l'eau, becs croisés et autres malformations des oiseaux piscivores, troubles de la reproduction chez les mammifères se nourrissant des prédateurs des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire aquatique (voir le chapitre 18), voilà autant d'indices révélant que la santé humaine peut être menacée. Les sous-sections suivantes renferment des informations sur la provenance de certaines substances toxiques et leurs effets sur l'écosystème et la santé.

FIGURE 3.10

Circulation des substances toxiques dans le milieu aquatique



Source : Environnement Canada, 1990*a*.

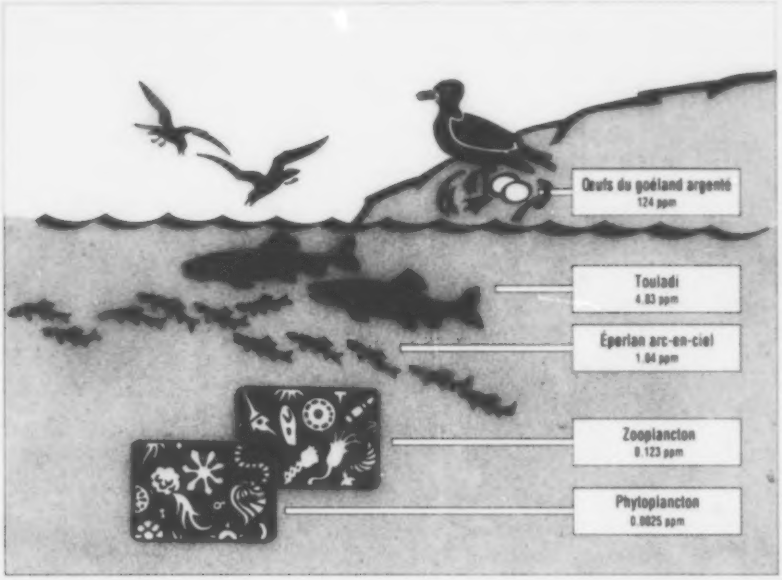
Les dioxines et les furanes

Ces dernières années, aucune autre classe de contaminants n'a suscité plus d'inquiétude que les dioxines, principalement parce qu'elles peuvent avoir des effets à des concentrations infimes presque inimaginables. En laboratoire, la dioxine 2,3,7,8-TCDD provoque la mortalité de la truite arc-en-ciel, par exemple, à une concentration d'à peine 40 parties par quadrillion (Mehrle et collab., 1988), soit l'équivalent d'un dé à coudre de dioxine dans 50 000 piscines olympiques.

Les dioxines (dibenzodioxines polychlorées) forment avec les furanes (dibenzofuranes polychlorés) une famille de 210 composés organochlorés chimiquement apparentés, dont certains se sont révélés extrêmement toxiques chez des animaux de laboratoire (Pêches et Océans Canada, 1990). La toxicité dépend du nombre d'atomes de chlore et de leur position dans la molécule. Parmi ces composés, la 2,3,7,8-TCDD et le 2,3,7,8-TCDF sont particulièrement inquiétants (Boddington et collab., 1990); ils sont très rémanents et ils possèdent un potentiel élevé de bioaccumulation. Les principales sources de dioxines et de furanes sont les suivantes : produits chimiques commerciaux (pesticides et agents de préservation du bois contenant des

FIGURE 3.11

Bioaccumulation et bioamplification des BPC dans la chaîne alimentaire aquatique des Grands Lacs



Source : Environnement Canada et collab., 1987.

chlorophénols), incinération de substances chlorées, usines de pâtes et papiers utilisant le procédé de blanchiment au chlore, incendies et déversements accidentels de BPC contenant surtout des furanes (Boddington et collab., 1990).

La biosurveillance, ou utilisation de bioindicateurs pour détecter la présence de polluants dans l'environnement, indique que l'échec de la reproduction observé dans une colonie de grands hérons de la Colombie-Britannique pourrait être en partie attribuable à des dioxines (Elliott et collab., 1989). La colonie était établie dans le détroit de Georgie, à environ 1 km d'une usine de pâte kraft, principale source de 2,3,7,8-TCDD dans les eaux de la région. En 1987, la concentration moyenne de 2,3,7,8-TCDD dans les tissus des embryons est passée de 66 ppt à 210 ppt, et aucun oisillon de la colonie n'a réussi à prendre son envol.

Les relevés des concentrations annuelles moyennes de 2,3,7,8-TCDD dans les œufs de goélands argentés de neuf colonies des Grands Lacs montrent une baisse de ce contaminant de 1970 à 1988 (figure 3.12). La présence de 2,3,7,8-TCDD en concentration élevée est liée à la production et à la combustion de certains types de produits chimiques contenant du chlore ainsi qu'aux effluents des installations de production et d'élimination de l'herbicide 2,4,5-T. Cet herbicide était produit dans une usine située près de la baie Saginaw, au Michigan, et dans une autre de Niagara Falls, dans l'État de New York; cette production a cessé vers le milieu des années 1970, ce qui explique en grande partie la diminution de la concentration de ce polluant (Bishop et Weseloh, 1990).

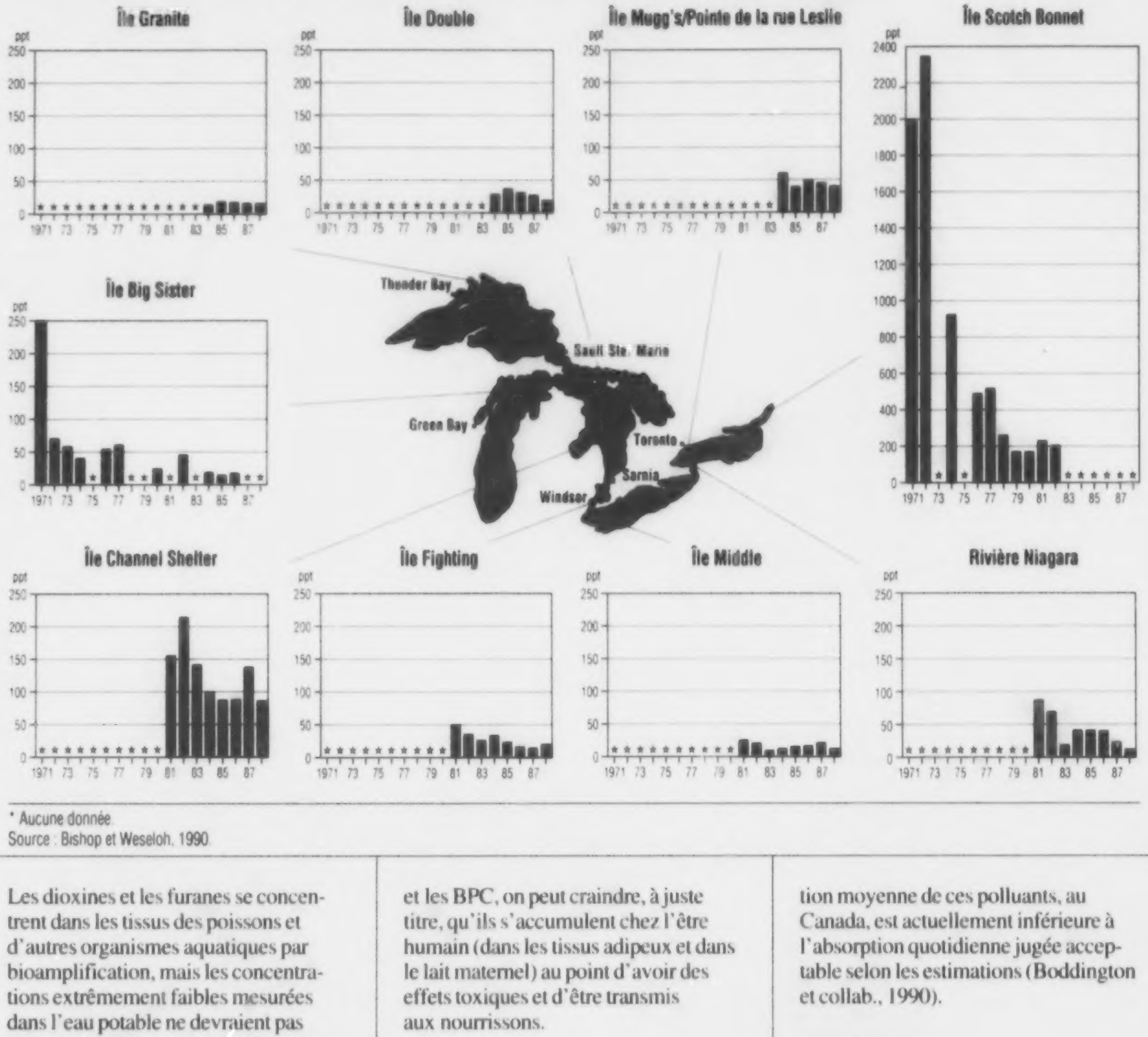
On a trouvé des dioxines et des furanes dans les sédiments et le biote de cours d'eau en aval d'usines de pâtes et papiers utilisant un procédé de blanchiment au chlore. Il y a au moins une usine de ce genre dans toutes les provinces, sauf au Manitoba, à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve. Il n'y a pas d'usine de pâte kraft dans les deux territoires, mais les contaminants emportés dans les eaux des rivières coulant vers le nord peuvent atteindre les écosystèmes aquatiques des Territoires du Nord-Ouest. Par exemple, il semble que l'implantation d'usines de pâte kraft dans le bassin hydrographique des rivières de la Paix et Athabasca ait entraîné l'introduction de dioxines dans les tributaires de la rivière des Esclaves.

En Colombie-Britannique, les autorités fédérales ont fermé un certain nombre de zones de pêches commerciales en raison de leur contamination par des dioxines et des furanes en provenance d'usines de pâtes et papiers situées en amont. En mai 1989, les gouvernements fédéral et provincial ont émis des avis sanitaires sur la consommation de certains poissons d'eau douce capturés près des usines de pâtes et papiers de l'intérieur des terres en Colombie-Britannique. C'est aussi en raison de la présence de dioxines et de furanes que, en avril 1990, Santé et Bien-être social Canada a recommandé de limiter la consommation du doré provenant de la rivière Mistassini, près de Saint-Félicien dans la région du lac Saint-Jean, et de la barbotte brune provenant du Saint-Maurice, près de La Tuque.

L'étude de populations humaines exposées à des dioxines et à des furanes a révélé que l'exposition à court terme à plusieurs milligrammes d'un mélange de ces composés peut avoir divers effets sur la peau, les yeux, les fonctions sensorielles et le comportement. Ces effets sont généralement réversibles, mais il peut s'écouler plusieurs années avant que les symptômes disparaissent. Au Japon et à Taiwan, des femmes ont été exposées à des concentrations élevées de furanes dans une huile de riz, et cette exposition a peut-être été la cause d'anomalies de reproduction et de mortalités infantiles. Les preuves mettant en relation l'exposition à des dioxines et à des furanes avec une fréquence excessive de cas de cancer chez les populations humaines ne sont pas concluantes et sont contradictoires (Boddington et collab., 1990).

FIGURE 3.12

Concentration de 2,3,7,8-TCDD dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs



* Aucune donnée.
Source : Bishop et Weseloh, 1990.

Les dioxines et les furanes se concentrent dans les tissus des poissons et d'autres organismes aquatiques par bioamplification, mais les concentrations extrêmement faibles mesurées dans l'eau potable ne devraient pas présenter de danger pour les humains. D'après une étude canado-ontarienne effectuée récemment (Birmingham et collab., 1989), entre 94 et 96 % de l'absorption de composés de dioxines et de furanes par des adultes non fumeurs sont dus à l'ingestion de nourriture. Le reste provient, à parts égales, de l'eau, de l'air et du sol.

Dans le cas de polluants rémanents et très liposolubles comme les dioxines et les BPC, on peut craindre, à juste titre, qu'ils s'accumulent chez l'être humain (dans les tissus adipeux et dans le lait maternel) au point d'avoir des effets toxiques et d'être transmis aux nourrissons.

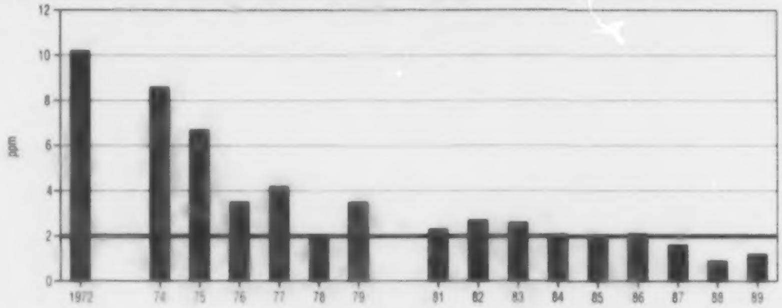
En fait, on estime que l'absorption de dioxines par ingestion de lait maternel, habituellement durant les six premiers mois de la vie, est relativement élevée. Toutefois, on considère que les risques associés à la présence de dioxines et de furanes dans le lait maternel sont plus que contrebalancés par le fait que la période d'allaitement ne représente qu'une petite partie de la vie (c.-à-d. moins de 4 %) et par les avantages reconnus de l'allaitement. D'après une pondération sur toute une vie, l'absorption moyenne de ces polluants, au Canada, est actuellement inférieure à l'absorption quotidienne jugée acceptable selon les estimations (Boddington et collab., 1990).

Les BPC

C'est avec l'incendie d'un entrepôt de produits chimiques contenant des BPC, le 23 août 1988, à Saint-Basile-le-Grand au Québec, que ces composés ont acquis une notoriété nationale instantanée, comme ce fut le cas auparavant avec d'autres produits chimiques chlorés tel le DDT. L'emploi des BPC était autrefois très répandu dans de nombreux secteurs de l'industrie des produits électriques et des transmis-

FIGURE 3.13

Concentrations moyennes de BPC dans les tissus du saumon coho de la rivière Credit, en Ontario, 1972–1989



2,0 ppm = recommandation du gouvernement fédéral ne comportant aucune restriction quant à la consommation de poisson
Source : Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1991.

sions; ils ont aussi été employés dans la fabrication d'agents ignifuges, d'agents d'imperméabilisation, d'encres d'imprimerie et d'adhésifs, et ils ont même été utilisés sur les routes comme agent anti-poussière. En 1980, des restrictions sévères ont limité l'emploi des BPC, au Canada, aux systèmes clos seulement. Néanmoins, des BPC continuent de pénétrer dans le milieu aquatique par le biais des eaux usées, des lessivats des décharges, des déversements accidentels et des dépôts atmosphériques résultant d'une combustion incomplète. Il est probable que les BPC détectés dans les eaux des régions du Nord (Gregor et Gummer, 1989) sont dus à des dépôts atmosphériques.

Les BPC ont particulièrement tendance à s'accumuler dans les organismes. Ainsi, on estime que les concentrations relevées chez certaines espèces de poissons représentent entre 2 700 et 108 000 fois celle des eaux environnantes (U.S Environmental Protection Agency, 1980). Toutefois, les concentrations de BPC chez les poissons de certains endroits choisis du Canada ont diminué. De 1972 à 1989, la concentration de BPC chez des saumons cohos de la rivière Credit, en Ontario, est passée de plus de 10 ppm à un peu plus de 1 ppm (figure 3.13). Tous les saumons cohos échantillonnés en 1988 et 1989 présentaient des concentrations inférieures à la recommandation fédérale de 2,0 ppm ne comportant aucune restriction quant à la consommation de poissons. Cette tendance à la baisse a aussi été observée chez la truite arc-en-ciel : la concentration de BPC chez des truites arc-en-ciel du lac Ontario, capturées dans la rivière Ganaraska, est passée de presque 4 ppm en 1976 à un peu plus de 1 ppm en 1988. Néanmoins, cette dernière valeur reste supérieure à l'objectif de 0,1 ppm que le gouvernement fédéral a fixé comme concentration admissible de BPC dans les tissus de la truite des Grands Lacs (Commission mixte internationale, 1989). Par ailleurs, la concentration de BPC dans les œufs du goéland argenté a nettement diminué partout dans les Grands Lacs (figure 3.14).

Étant donné les préoccupations qu'ils soulèvent au Canada, les BPC ne sont plus utilisés à une grande échelle au pays et l'on a recours à des techniques d'incinération sécuritaires pour éliminer les produits entreposés. Ces produits restent, toutefois, un problème mondial. Selon Tanabe (1988), seulement 4 % des BPC produits dans le monde ont été détruits, un tiers a pénétré dans l'environnement et le reste est encore en usage ou a été mis en décharge.

Les pesticides

Le mot « pesticide » est un terme générique qui désigne une famille de substances comprenant des herbicides, des insecticides et des fongicides. Environ 500 types de produits de ce genre sont homologués et servent à la fabrication de plus de 5 000 préparations commerciales.

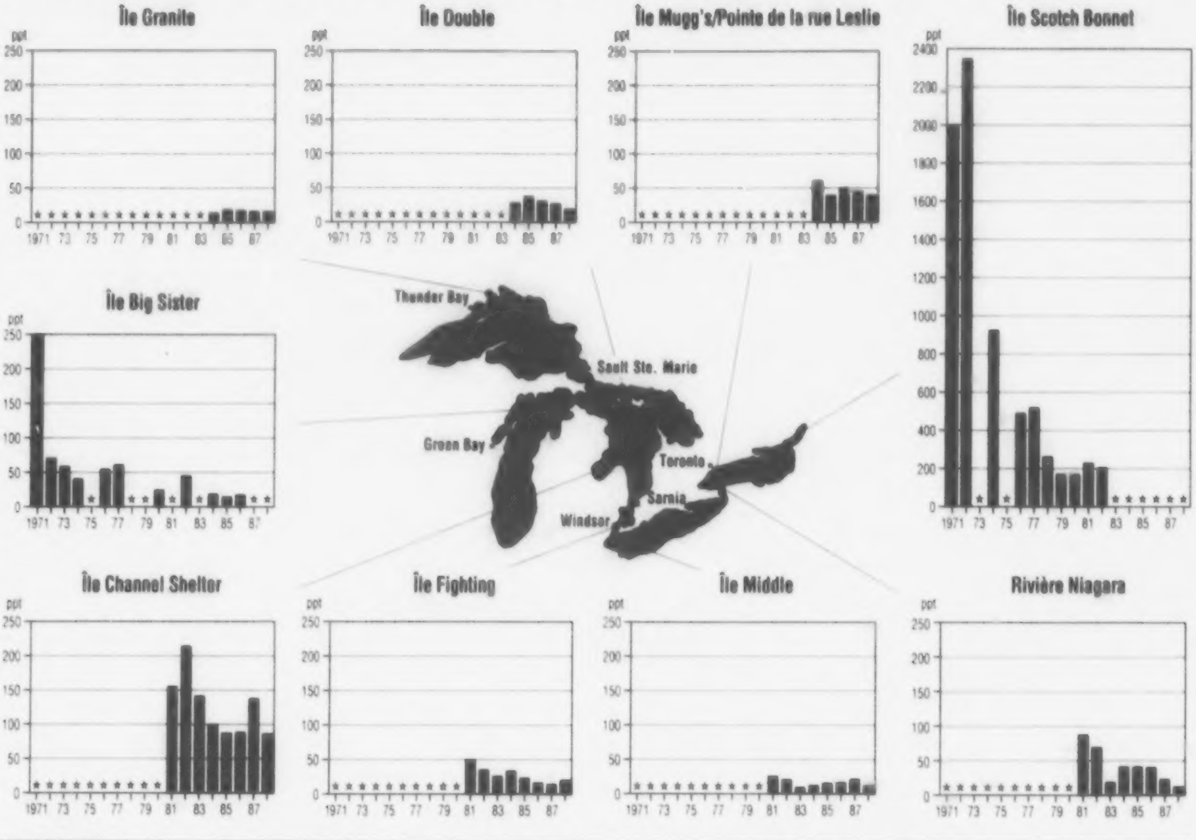
Au Canada, les pesticides sont très utilisés en agriculture et en foresterie, et l'on en fait un grand usage dans les villes pour l'élimination des mauvaises herbes. Les herbicides sont beaucoup plus employés que les insecticides. En 1986, il s'est vendu 24 687 t d'herbicides, contre 2 857 t d'insecticides. La plupart des pesticides actuellement en usage se décomposent relativement vite dans l'environnement. Ce n'était cependant pas le cas des premiers pesticides : de fait, certains produits rémanents comme le DDT sont restés dans la colonne d'eau et dans les sédiments des années après leur application. En outre, la perturbation des sédiments contaminés peut entraîner la remise en suspension des pesticides dans la colonne d'eau, de sorte qu'ils sont de nouveau assimilables dans la chaîne alimentaire.

L'aldicarb, un pesticide employé dans la culture de la pomme de terre, est un exemple de pesticide à longue vie. Dans une étude d'Environnement Canada, on a détecté des résidus d'aldicarb dans les aquifères de grès et dans certains puits de l'île du Prince-Édouard plus de cinq ans après le dernier traitement effectué avec ce pesticide (Priddle et Jackson, 1989).

Certains pesticides sont liés au cancer, à des malformations congénitales, à des lésions hépatiques et rénales et à l'atrophie des testicules chez les humains. Une grande partie des eaux de surface analysées au Canada présentent de faibles teneurs en pesticides, mais celles-ci dépassent rarement les recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé et Bien-être social Canada, 1989). Par ailleurs, les chercheurs estiment que seulement 20 % de l'ingestion quotidienne moyenne de pesticides par les Canadiens provient de l'eau potable, le reste venant de la nourriture, du sol et de l'air (Santé et Bien-être social Canada, 1988).

FIGURE 3.12

Concentration de 2,3,7,8-TCDD dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs



* Aucune donnée.
Source : Bishop et Weseloh, 1990.

Les dioxines et les furanes se concentrent dans les tissus des poissons et d'autres organismes aquatiques par bioamplification, mais les concentrations extrêmement faibles mesurées dans l'eau potable ne devraient pas présenter de danger pour les humains. D'après une étude canado-ontarienne effectuée récemment (Birmingham et collab., 1989), entre 94 et 96 % de l'absorption de composés de dioxines et de furanes par des adultes non fumeurs sont dus à l'ingestion de nourriture. Le reste provient, à parts égales, de l'eau, de l'air et du sol.

Dans le cas de polluants rémanents et très liposolubles comme les dioxines et les BPC, on peut craindre, à juste titre, qu'ils s'accumulent chez l'être humain (dans les tissus adipeux et dans le lait maternel) au point d'avoir des effets toxiques et d'être transmis aux nourrissons.

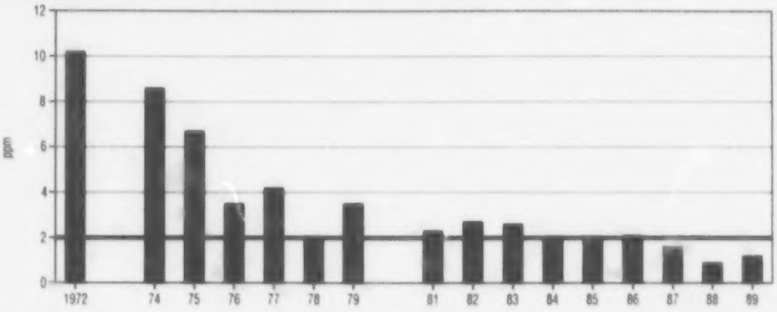
En fait, on estime que l'absorption de dioxines par ingestion de lait maternel, habituellement durant les six premiers mois de la vie, est relativement élevée. Toutefois, on considère que les risques associés à la présence de dioxines et de furanes dans le lait maternel sont plus que contrebalancés par le fait que la période d'allaitement ne représente qu'une petite partie de la vie (c.-à-d. moins de 4 %) et par les avantages reconnus de l'allaitement. D'après une pondération sur toute une vie, l'absorption moyenne de ces polluants, au Canada, est actuellement inférieure à l'absorption quotidienne jugée acceptable selon les estimations (Boddington et collab., 1990).

Les BPC

C'est avec l'incendie d'un entrepôt de produits chimiques contenant des BPC, le 23 août 1988, à Saint-Basile-le-Grand au Québec, que ces composés ont acquis une notoriété nationale instantanée, comme ce fut le cas auparavant avec d'autres produits chimiques chlorés tel le DDT. L'emploi des BPC était autrefois très répandu dans de nombreux secteurs de l'industrie des produits électriques et des transmis-

FIGURE 3.13

Concentrations moyennes de BPC dans les tissus du saumon coho de la rivière Credit, en Ontario, 1972–1989



2,0 ppm = recommandation du gouvernement fédéral ne comportant aucune restriction quant à la consommation de poisson
Source : Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1991

sions; ils ont aussi été employés dans la fabrication d'agents ignifuges, d'agents d'imperméabilisation, d'encres d'imprimerie et d'adhésifs, et ils ont même été utilisés sur les routes comme agent anti-poussière. En 1980, des restrictions sévères ont limité l'emploi des BPC, au Canada, aux systèmes clos seulement. Néanmoins, des BPC continuent de pénétrer dans le milieu aquatique par le biais des eaux usées, des lessivats des décharges, des déversements accidentels et des dépôts atmosphériques résultant d'une combustion incomplète. Il est probable que les BPC détectés dans les eaux des régions du Nord (Gregor et Gummer, 1989) sont dus à des dépôts atmosphériques.

Les BPC ont particulièrement tendance à s'accumuler dans les organismes. Ainsi, on estime que les concentrations relevées chez certaines espèces de poissons représentent entre 2 700 et 108 000 fois celle des eaux environnantes (U.S Environmental Protection Agency, 1980). Toutefois, les concentrations de BPC chez les poissons de certains endroits choisis du Canada ont diminué. De 1972 à 1989, la concentration de BPC chez des saumons cohos de la rivière Credit, en Ontario, est passée de plus de 10 ppm à un peu plus de 1 ppm (figure 3.13). Tous les saumons cohos échantillonnés en 1988 et 1989 présentaient des concentrations inférieures à la recommandation fédérale de 2,0 ppm ne comportant aucune restriction quant à la consommation de poissons. Cette tendance à la baisse a aussi été observée chez la truite arc-en-ciel : la concentration de BPC chez des truites arc-en-ciel du lac Ontario, capturées dans la rivière Ganaraska, est passée de presque 4 ppm en 1976 à un peu plus de 1 ppm en 1988. Néanmoins, cette dernière valeur reste supérieure à l'objectif de 0,1 ppm que le gouvernement fédéral a fixé comme concentration admissible de BPC dans les tissus de la truite des Grands Lacs (Commission mixte internationale, 1989). Par ailleurs, la concentration de BPC dans les œufs du goéland argenté a nettement diminué partout dans les Grands Lacs (figure 3.14).

Étant donné les préoccupations qu'ils soulèvent au Canada, les BPC ne sont plus utilisés à une grande échelle au pays et l'on a recours à des techniques d'incinération sécuritaires pour éliminer les produits entreposés. Ces produits restent, toutefois, un problème mondial. Selon Tanabe (1988), seulement 4 % des BPC produits dans le monde ont été détruits, un tiers a pénétré dans l'environnement et le reste est encore en usage ou a été mis en décharge.

Les pesticides

Le mot « pesticide » est un terme générique qui désigne une famille de substances comprenant des herbicides, des insecticides et des fongicides. Environ 500 types de produits de ce genre sont homologués et servent à la fabrication de plus de 5 000 préparations commerciales.

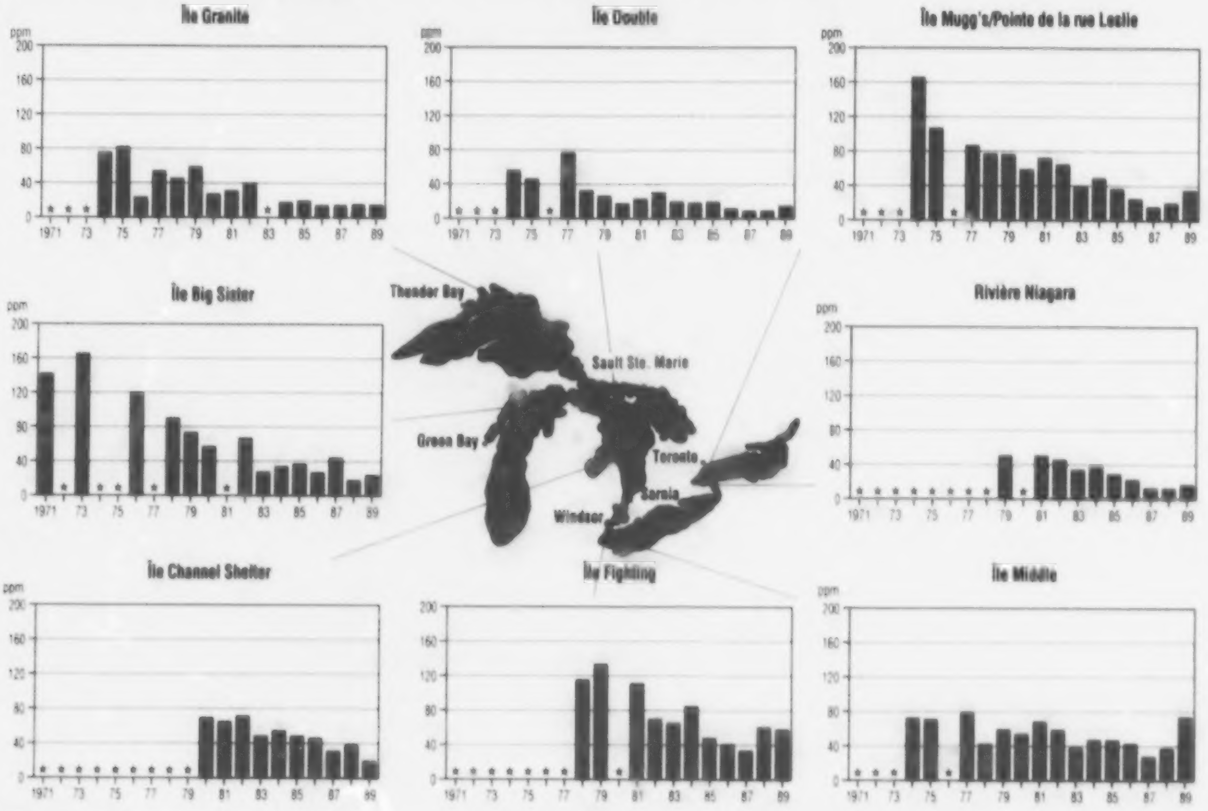
Au Canada, les pesticides sont très utilisés en agriculture et en foresterie, et l'on en fait un grand usage dans les villes pour l'élimination des mauvaises herbes. Les herbicides sont beaucoup plus employés que les insecticides. En 1986, il s'est vendu 24 687 t d'herbicides, contre 2 857 t d'insecticides. La plupart des pesticides actuellement en usage se décomposent relativement vite dans l'environnement. Ce n'était cependant pas le cas des premiers pesticides : de fait, certains produits rémanents comme le DDT sont restés dans la colonne d'eau et dans les sédiments des années après leur application. En outre, la perturbation des sédiments contaminés peut entraîner la remise en suspension des pesticides dans la colonne d'eau, de sorte qu'ils sont de nouveau assimilables dans la chaîne alimentaire.

L'aldicarb, un pesticide employé dans la culture de la pomme de terre, est un exemple de pesticide à longue vie. Dans une étude d'Environnement Canada, on a détecté des résidus d'aldicarb dans les aquifères de grès et dans certains puits de l'île du Prince-Édouard plus de cinq ans après le dernier traitement effectué avec ce pesticide (Priddle et Jackson, 1989).

Certains pesticides sont liés au cancer, à des malformations congénitales, à des lésions hépatiques et rénales et à l'atrophie des testicules chez les humains. Une grande partie des eaux de surface analysées au Canada présentent de faibles teneurs en pesticides, mais celles-ci dépassent rarement les recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé et Bien-être social Canada, 1989). Par ailleurs, les chercheurs estiment que seulement 20 % de l'ingestion quotidienne moyenne de pesticides par les Canadiens provient de l'eau potable, le reste venant de la nourriture, du sol et de l'air (Santé et Bien-être social Canada, 1988).

FIGURE 3.14

Concentrations de BPC dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs



* Aucune donnée
Source : Bishop et Weseloh, 1990

Les métaux lourds

Si l'on versait une cuillerée à soupe de mercure dans une nappe d'eau d'une superficie égale à celle d'un terrain de football et d'une profondeur de 4,6 m, le poisson de cette nappe d'eau serait impropre à la consommation (Howard, 1980). De même, en concentrations suffisamment élevées, le plomb peut être nocif pour les organismes aquatiques et comporter des dangers pour la santé humaine. L'eau peut contenir de faibles quantités de mercure, de plomb et d'autres métaux lourds d'origine naturelle, comme le cuivre et le zinc, mais leur présence en concentrations excessives est habituellement due à des activités industrielles et minières, au ruissellement des eaux pluviales urbaines et au lessivage des sols et des roches par les dépôts acides.

La contamination de l'écosystème aquatique par le mercure peut être causée directement par des rejets dans le système (voir l'encadré 3.4); elle peut aussi être causée indirectement par suite de l'inondation de sols contenant du mercure et par les émissions atmosphériques des fonderies. Environ 80 % du mercure pénétrant dans l'écosphère est d'origine naturelle. Malgré tout, les sources anthropiques sont plus importantes sur le plan écologique.

Ainsi, dans le nord du Manitoba, l'inondation d'une vaste région du secteur du lac Sud des Indiens pour le projet hydroélectrique Churchill–Nelson a donné lieu à des concentrations élevées de mercure dans les tissus des poissons (figure 3.15). Ces données tendent à prouver que la pollution par le mercure résultant des aménagements hydroélectriques pourrait devenir un problème généralisé au Canada.

Le mercure attaque le système nerveux central, causant la perte des facultés sensorielles, le rétrécissement du champ visuel, le manque de coordination, des difficultés d'élocution et des troubles de l'ouïe et de la démarche. L'exposition au méthylmercure durant le stade fœtal peut entraîner plus tard un retard du développement moteur et intellectuel (Environnement Canada et Environnement et Sécurité et hygiène du travail Manitoba, 1987).

[illegible] 3.4

Pijibowin ou l'empoisonnement du bassin hydrographique Wabigoon–English

Pijibowin signifie « poison » en langue ojibwa. En 1970, ce mot est devenu une terrible réalité pour les résidants de Grassy Narrows et de White Dog, dans le nord-ouest de l'Ontario, lorsque les scientifiques ont constaté que la rivière qui traverse les deux villages ojibwa et qui avait été jusque là un élément vital de leur économie était polluée par le mercure, ou *pijibowin*.

De 1963 à 1970, une usine de pâtes et papiers de Dryden, produisant du chlore à partir d'une pile au mercure, a rejeté entre 9 et 11 t de mercure dans le bassin hydrographique Wabigoon–English (Comité directeur Canada-Ontario, 1983). La concentration de mercure dans les tissus des poissons de ce bassin a dépassé jusqu'à 30 fois la limite considérée comme « sécuritaire » (Santé et Bien-être social Canada, 1973). Par conséquent, la concentration de mercure dans le sang des Ojibwa de White Dog et de Grassy Narrows, dont bon nombre travaillaient comme guides dans les excursions de pêche et consommaient beaucoup de poissons, a atteint des valeurs inacceptables (Comité directeur Canada-Ontario, 1983).

La gravité des effets médicaux débilitants directs de l'intoxication par le mercure des résidants de White Dog et de Grassy Narrow reste un sujet de controverse scientifique. Toutefois, il est impossible de dissocier ces effets des répercussions dévastatrices du mercure sur le bien-être économique, social et psychologique de ces gens. La pollution du bassin Wabigoon–English a entraîné des pertes de revenus pour les guides, provoqué un changement radical dans un mode de vie basé sur la consommation de poissons et enlevé aux gens toute confiance en la nature et en son pouvoir nourricier.

Le rétablissement graduel du bassin Wabigoon-English, illustré à la figure 3.E4, montre la baisse de la concentration de mercure mesurée dans le muscle caudal d'écrevisses du lac Cray en Ontario. Malgré tout, on continue de signaler des cas de concentration élevée de mercure (plus de 6 ppm) dans la population; le cas le plus récent est celui d'une fillette de trois ans nourrie fréquemment de poissons par sa grand-mère. Bien que l'usine de pâtes et papiers ne rejette plus de mercure dans la rivière depuis vingt ans, les ministères provinciaux et fédéraux continuent de recommander aux gens de limiter leur consommation de poissons provenant des lacs et des cours d'eau de la région (Fisher, 1990).

Le plomb, un autre métal lourd préoccupant, peut provoquer des lésions graves aux systèmes nerveux, circulatoire, urinaire, gastro-intestinal et reproducteur (Anderson et Harmon, 1985). À l'heure actuelle, l'eau potable représente moins de 4 % de l'ingestion totale quotidienne de plomb chez les Canadiens. Le reste du plomb absorbé vient de la nourriture et de l'air. L'élimination des sources ponctuelles de contamination par le plomb peut avoir des effets immédiats. Par exemple, la source de plomb dans le poisson de la région de Blue Church, sur le Saint-Laurent, était une usine fabriquant du plomb tétraéthyle utilisé comme additif à essence (figure 3.16). Les efforts déployés en 1983–1984 afin de réduire les pertes sporadiques ont été inadéquats. Lorsque la production a cessé à cette usine en 1985, les concentrations de plomb chez trois espèces de poisson ont diminué dès 1986 jusqu'aux niveaux de fond généralement observés chez les poissons de l'Ontario (Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1991).

L'EAU POTABLE, LE PLUS PRÉCIEUX DES BIENS

On dit de l'eau potable qu'elle est le plus précieux des biens. Or, la qualité de l'eau que l'on boit, c'est-à-dire de l'eau dans son utilisation la plus fondamentale pour les humains, est devenue un sujet de préoccupation majeure pour bon nombre de Canadiens au début de la présente décennie, la dégradation générale de l'environnement se faisant de plus en plus sentir.

Lorsqu'on parle d'eau potable, il est important de faire la distinction entre l'eau non traitée, ou eau brute, et l'eau traitée qui, dans la plupart des cas, est l'eau du robinet. Au Canada, ce sont surtout les sources brutes d'eau potable qui suscitent de l'inquiétude. L'eau potable provient de deux types de sources : les eaux souterraines (puits et sources) et les eaux de surface (lacs, rivières, étangs et ruisseaux).

Les trois quarts de la population canadienne boivent de l'eau provenant des réserves de surface; toutefois, les réserves souterraines alimentent près de 2 millions de puits. Bon nombre de Canadiens sont tributaires des réserves souterraines plutôt que des eaux de surface pour leur alimentation en eau domestique et en eau potable. Les aquifères fournissent une eau de qualité et de température constantes, ce qui en fait souvent une source d'alimentation supérieure. Plus de six millions de Canadiens vivant pour la plupart dans des régions rurales sont alimentés par ces réserves souterraines (figure 3.17). Certaines zones urbaines sont aussi desservies principalement par des aquifères, notamment la région de Kitchener–Waterloo, en Ontario, et Fredericton, au Nouveau-Brunswick. En fait, la proportion de Canadiens qui boivent de l'eau provenant de réserves souterraines a plus que doublé depuis 1960, passant de 10 à 26 % (Conseil des sciences du Canada,

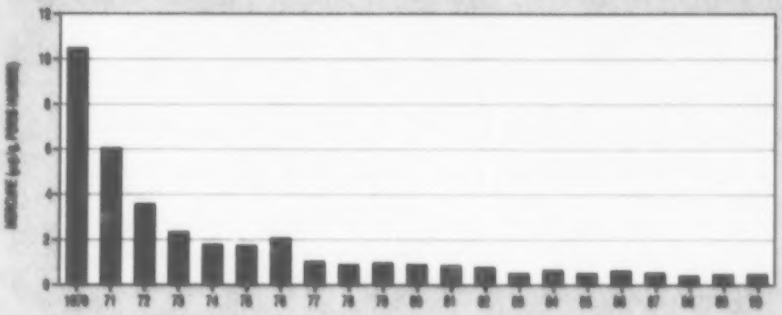
1988). Ainsi, l'Île-du-Prince-Édouard dans sa totalité, certaines parties des Prairies, bon nombre de municipalités rurales et certaines villes dépendent partiellement ou entièrement des eaux souterraines. En outre, la majeure partie des eaux embouteillées proviennent de sources naturelles.

Les eaux souterraines sont protégées, dans une certaine mesure, par des couches de sol et de roche, mais elles peuvent être contaminées par suite d'activités se déroulant en surface. Actuellement, dans certaines régions du Canada, notamment des secteurs de l'île du Prince-Édouard, du sud de la Colombie-Britannique et du sud de l'Ontario, les eaux souterraines sont contaminées par des pesticides agricoles. De plus, des réservoirs souterrains de stockage de produits pétroliers et de déchets dangereux se détériorent, laissant leur contenu s'échapper dans l'eau des aquifères qui devient alors impropre à la consommation humaine. Depuis 1979, des produits pétroliers ont contaminé 500 puits du Nouveau-Brunswick (Conseil des sciences du Canada, 1988). Or, il est beaucoup plus difficile de décontaminer les eaux souterraines que les eaux de surface, et le temps de récupération est beaucoup plus long.

La plupart des villes du Canada qui sont alimentées par des réserves souterraines ou de surface préfèrent ne pas compter sur la qualité naturelle de l'eau brute et la soumettent à un traitement tel que la chloration, l'ozonisation ou l'irradiation aux ultraviolets. La proportion de Canadiens alimentés en eau traitée a augmenté régulièrement durant les années 1980 (figure 3.18).

FIGURE 3.14

Concentrations de mercure dans les tissus d'écrevisses provenant du lac Cray, dans le bassin Wabigoon-English, en Ontario, 1970–1990

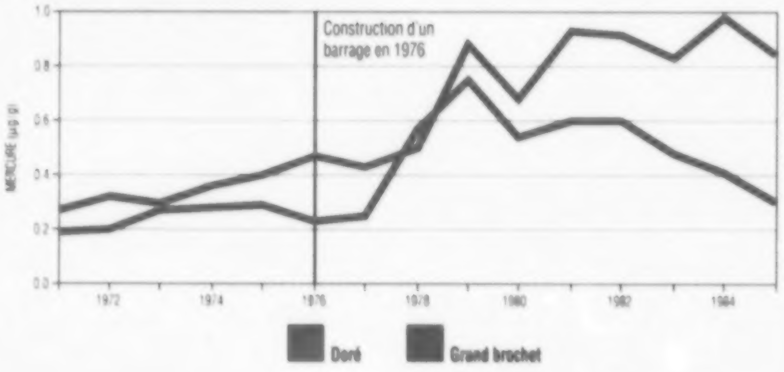


Remarque : Les rejets de la source ponctuelle de Dryden ont diminué d'environ 95 % en 1970. En 1975, ils étaient devenus pratiquement nuls.

Source : G.P. MacRae, Institut des eaux douces, communication personnelle.

FIGURE 3.15

Concentrations de mercure dans les tissus d'espèces commerciales de poissons échantillonnés dans le lac Sud des Indiens, au Manitoba, 1971–1985



Source : Environnement Canada et Environnement et sécurité et hygiène du travail Manitoba, 1987

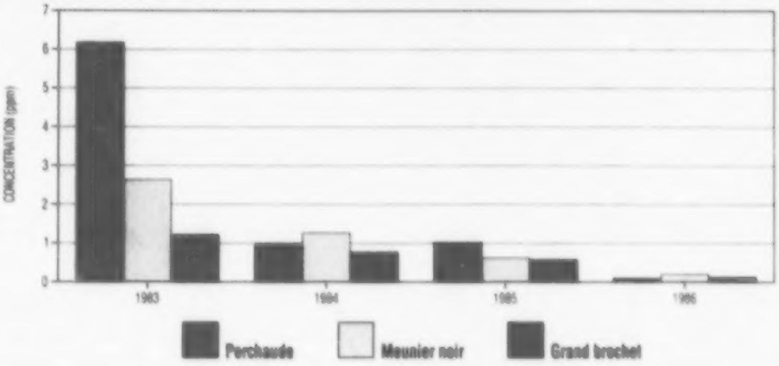
L'élaboration de recommandations sur l'eau potable au Canada

Une bonne eau potable devrait être exempte de micro-organismes pathogènes, de substances chimiques dangereuses et de matières radioactives. Les recommandations sur l'eau potable au Canada formulées par Santé et Bien-être social Canada (1989) portent sur quatre grandes catégories de paramètres : microbiologiques (bactéries, virus et protozoaires), radiologiques (isotopes radioactifs), physiques (saveur, odeur, température, turbidité et couleur) et chimiques.

Ces recommandations sont basées sur des données scientifiques recueillies sur le terrain et en laboratoire. Pour déterminer les effets de l'exposition aux contaminants chimiques, on effectue des études toxicologiques sur des espèces de mammifères et, parfois, des études épidémiologiques sur les effets d'un produit chimique auquel des personnes ont été accidentellement exposées. Santé et Bien-être social Canada a utilisé différentes méthodes pour élaborer les recommandations sur l'eau potable, selon que le composé visé est considéré comme étant potentiellement carcinogène ou encore toxique mais non carcinogène.

FIGURE 3.16

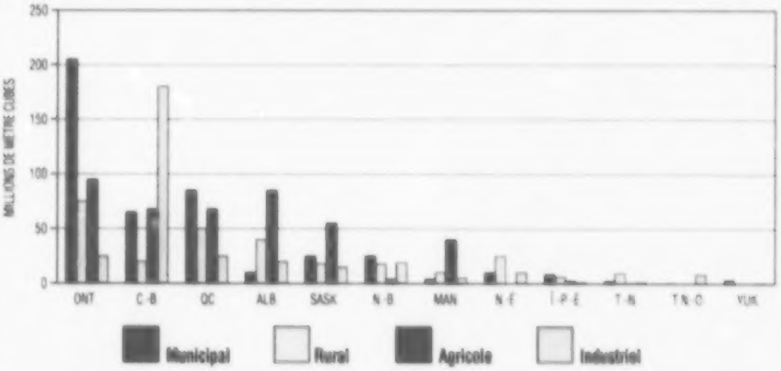
Concentrations moyennes de plomb chez trois espèces de poissons du Saint-Laurent prélevés dans la baie Blue Church, 1983–1986



Source : Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1988.

FIGURE 3.17

Utilisation estimative des eaux souterraines par province et par secteur, 1981



Source : Hess, 1986; Environnement Canada, 1990b.

Pour ce qui est des produits chimiques non carcinogènes, la concentration maximale admissible est établie d'après la concentration sans effet observé, c'est-à-dire la dose la plus élevée ne produisant pas d'effet néfaste chez l'organisme visé dans une étude toxicologique; on peut aussi l'établir d'après la dose à effet néfaste observé le plus faible. Par ailleurs, on peut incorporer un facteur d'incertitude, allant de 10 à 5 000, selon que les données portent sur des animaux ou des sujets humains et que les études visent des populations à risque élevé (c.-à-d. les sujets en gestation ou en très bas âge), et selon le nombre et la qualité de ces études (Santé et Bien-être social Canada, 1988).

Quant aux substances carcinogènes et aux rayonnements ionisants, il y a lieu de penser que tout degré d'exposition implique des risques. Par conséquent, lorsqu'ils élaborent des recommandations, les chercheurs supposent que l'exposition, quel qu'en soit le degré, comporte certains risques. Les limites fixées correspondent aux valeurs pour lesquelles le risque est considéré comme suffisamment faible ou négligeable, c'est-à-dire une personne sur un million risquant d'avoir un cancer (Santé et Bien-être social Canada, 1988).

Depuis quelques années, on reconnaît de plus en plus la nécessité de limiter l'exposition aux produits chimiques de diverses sources, et non pas seulement à ceux présents dans l'eau potable. Cette constatation entre en ligne de compte dans le calcul de la quantité totale d'un produit chimique toxique, ou dose journalière admissible, que les humains peuvent absorber sans danger en consommant de l'eau potable. À moins que des preuves établissent que l'exposition aux autres sources est vraiment minime, on considère qu'un maximum de 20 % de la dose journalière admissible peut provenir de l'eau potable. Ces exigences visent à assurer que l'exposition humaine à un contaminant par toutes les voies possibles (air, aliments, eau, sol) ne dépasse pas la dose admissible (Santé et Bien-être social Canada, 1988).

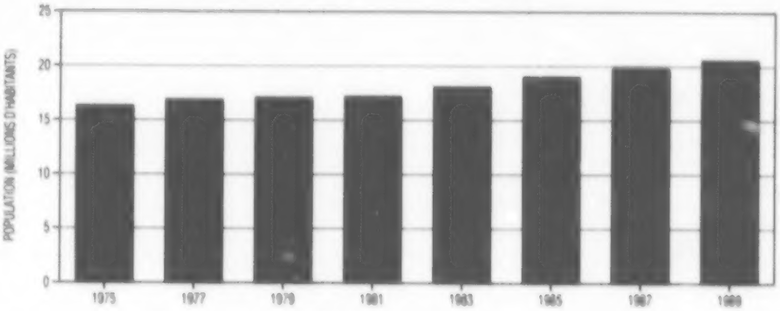
Quelle que soit la méthode employée dans l'élaboration des recommendations, la limite fixée équilibre habituellement les avantages pour la santé et des facteurs socio-économiques comme le coût et la faisabilité du maintien de la concentration à une valeur minimale acceptable. En outre, il faut reconnaître que, lorsqu'il s'agit d'établir des normes exécutoire, on peut accorder plus de poid aux facteurs socio-économiques qu'à l'élaboration de recommendations idéales.

Le gouvernement fédéral joue un rôle de chef de file et de conseiller dans les questions de la qualité des eaux de surface et de l'eau potable. Quant aux gouvernements provinciaux, leur première responsabilité consiste à adopter des normes et des règlements. Le Québec et l'Alberta sont les seules provinces a avoir réglementé l'application de normes sur la qualité de l'eau potable établies en fonction des recommandations canadiennes. En Ontario,

le processus de réglementation est en marche. Les recommandations canadiennes sont aussi utilisées par d'autres provinces pour surveiller la qualité de l'eau potable des réserves municipales, mais elles ne font pas encore l'objet d'un règlement. La plupart des municipalités, qui sont responsables en définitive de la distribution de l'eau potable, procèdent régulièrement à des tests portant sur les coliformes et les résidus de chlore seulement. À l'exception des trihalométhanes (sous-produits toxiques résultant du procédé classique de chloration), les autres constituants chimiques de l'eau sont surveillés beaucoup moins souvent : une fois par an dans certaines provinces, et de temps en temps dans d'autres. La surveillance des produits chimiques de l'eau potable varie considérablement selon la municipalité.

FIGURE 3.18

Population alimentée en eau traitée, 1975-1989



Source : Environnement Canada, 1990*d*.

Les préoccupations touchant la qualité de l'eau potable

En 1990, une enquête révélait que 20 % des Torontois buvaient régulièrement de l'eau embouteillée au lieu de l'eau du robinet. Ce phénomène reflète une opinion qui gagne du terrain chaque jour dans la population, à savoir que l'eau potable est de plus en plus contaminée et, dès lors, impropre à la consommation.

Il n'existe aucune étude nationale approfondie et à long terme permettant de confirmer ou de réfuter l'opinion de ceux qui affirment que l'eau du robinet n'est plus bonne à boire. Néanmoins, d'après les résultats d'un certain nombre d'études régionales fondées sur les recommandations de Santé et Bien-être social Canada (1989), l'eau du robinet ne présente absolument aucun risque. Par exemple, lors d'une grande enquête quadriennale menée récemment dans le Canada atlantique, la majorité des 150 produits chimiques visés par les analyses n'ont pas été détectés (Environnement Canada, 1990c). Dans les cas où des composés chimiques organiques ont été relevés, les concentrations étaient bien inférieures aux valeurs maximales admissibles.

La qualité de l'eau potable dans le bassin inférieur des Grands Lacs a suscité de vives préoccupations en raison de la pollution par les industries en amont et par les lessivats des décharges américaines de déchets dangereux le long de la rivière Niagara. Dans une étude de l'eau potable de Toronto menée en 1990 par le conseil de la santé publique de la municipalité (Kendall, 1990), on a détecté 42 substances, mais les concentrations mesurées étaient généralement très basses — de l'ordre des parties par trillion — et n'avoisinaient dans aucun cas les valeurs des recommandations canadiennes. De même, dans le cadre d'une étude de l'Association canadienne de santé publique (1986), 31 sites des Grands Lacs ont été échantillonnés et soumis à des analyses portant sur 161 substances. Les normes établies ont rarement été dépassées pour ce qui est de l'eau traitée du robinet.

La plupart des produits chimiques détectés lors de relevés très sophistiqués étaient présents à des concentrations si faibles — des centaines et même des milliers de fois moindres que les valeurs des recommandations axées sur la santé — que leur présence dans l'eau potable n'est pas jugée comme un risque important (il faut toutefois faire ici la distinction avec l'exposition humaine par le biais de la chaîne alimentaire).

En plus des effets à long terme de l'exposition à faible dose de contaminants donnés, les gens se sont inquiétés des effets synergiques que pourrait avoir un mélange comportant un grand nombre de contaminants en quantités infimes. Toutefois, les effets cumulatifs sont plus fréquents que les effets synergiques ou antagonistes.

Par le passé, les préoccupations entourant la qualité de l'eau potable visaient généralement la source de cette eau. Depuis quelque temps, c'est le traitement de l'eau potable qui attire l'attention. On a remis en question la chloration classique en raison de la formation de sous-produits toxiques dont les plus importants sont les trihalométhanes. La recommandation touchant ces derniers fait actuellement l'objet d'une révision. Comme plusieurs trihalométhanes sont probablement carcinogènes et qu'il faut dès lors minimiser leur concentration le plus possible, les procédés de désinfection ont été modifiés dans beaucoup d'installations. Dans certains cas, on peut effectivement réduire la formation des trihalométhanes en apportant des changements relativement simples au procédé de traitement, notamment en réduisant la quantité de chlore employée, en procédant à la chloration à un stade différent, en ajustant le pH pour limiter la formation des trihalométhanes et en utilisant un autre désinfectant, soit seul soit en combinaison avec du chlore.

Il faudra aussi formuler des recommandations au sujet des autres additifs ajoutés directement à l'eau potable. Le

lien qui pourrait exister entre l'aluminium et la maladie d'Alzheimer, une affection dégénérative du cerveau, a également suscité la remise en question de l'emploi de sulfate d'aluminium, composé souvent ajouté à l'eau potable comme agent de décantation pour l'élimination des contaminants particulaires avant la filtration. Santé et Bien-être social Canada continue d'examiner les données toxicologiques recueillies à ce sujet; pour l'instant, rien ne permet de tirer des conclusions.

UNE MÉTHODE INTÉGRÉE POUR UN APPROVISIONNEMENT D'EAU PURE À PROFUSION

Parce que leur composante principale est l'eau, les écosystèmes aquatiques sont interreliés et en constante évolution. Il faut donc avoir recours à une méthode intégrée pour régler les problèmes touchant le volume et la qualité de l'eau. La concertation est essentielle pour aboutir à des résultats : les activités de surveillance, de recherche et de gestion d'une même région géographique doivent être coordonnées. Les données et les recherches sectorielles seront toujours utiles pour la constitution d'une base de renseignements, mais les données devraient être intégrées afin d'être plus utiles. Il faut passer d'une perspective sectorielle (qualité, volume et utilisation de l'eau, pêches, forêts, etc.) à une vision plus globale tenant compte de tous les éléments de l'écosystème, y compris les humains. Dans le cas des sources non ponctuelles de pollution, par exemple, il faudra considérer la gestion des produits chimiques depuis l'étape de la production jusqu'à celle de l'élimination en passant par la distribution. Avant tout, il faut mettre davantage l'accent sur la surveillance de l'état de santé de l'écosystème en entier et non pas simplement sur la quantité d'effluents sortant d'une conduite.

Une gestion judicieuse des eaux et des milieux aquatiques n'est possible qu'avec la participation de tout un ensemble d'organismes et de personnes. Il faut coordonner les activités des gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et municipaux, du secteur privé, des organismes non gouvernementaux et des particuliers. Les gouvernements ont commencé à travailler de concert avec l'industrie et la population pour élaborer des plans concrets afin de résoudre les problèmes tant régionaux que nationaux. Le Plan d'action Saint-Laurent, que financent les gouvernements québécois et fédéral, et la Stratégie municipale et industrielle de dépollution de l'Ontario sont d'excellents exemples de l'esprit de coopération qui doit animer les divers paliers de gouvernements, le secteur privé, les organismes environnementaux non gouvernementaux et le grand public, si l'on veut résoudre les problèmes qui menacent les écosystèmes aquatiques du Canada.

En 1988, le Conseil des sciences du Canada soulignait l'urgence de mettre la question de l'eau au premier plan des dossiers politiques, étant donné que la qualité et l'abondance de cette ressource sont une condition essentielle de la santé économique et environnementale. Dans Le Plan vert du Canada publié en décembre 1990, le gouvernement fédéral s'engageait à remédier à certains des problèmes qui menacent actuellement les écosystèmes aquatiques du Canada (Gouvernement du Canada, 1990). Des plans d'assainissement visant à corriger les erreurs du passé dans le bassin du fleuve Fraser et dans les ports et sur les côtes de l'Atlantique sont en voie d'élaboration. Le gouvernement fédéral veut mettre sur pied, avec le Manitoba et la Saskatchewan, un projet conjoint visant l'étude des agressions environnementales que subissent les bassins des rivières Rouge et Assiniboine. Les gouvernements féderal et provinciaux, l'industrie et d'autres secteurs poursuivent leur lutte contre la pollution des Grands Lacs et du Saint-Laurent.

À l'avenir, il nous faudra une meilleure maîtrise des sciences de l'eau, à l'échelle nationale, pour être en mesure de prévoir et de prévenir toute détérioration ultérieure des écosystèmes aquatiques (Conseil des sciences du Canada, 1988). Le Plan vert du Canada prévoit la création d'un Centre de prévention de la pollution des Grands Lacs d'ici 1992, et l'augmentation des fonds consacrés aux sciences et à la technologie de l'eau, avec le concours des provinces et de l'industrie. En outre, on a annoncé un plan de réglementation nationale visant la prévention de toute nouvelle dégradation des écosystèmes aquatiques. Il y est question notamment de la réduction des rejets de dioxines et de furanes par les usines de pâtes et papiers ainsi que de nouvelles restrictions sur d'autres effluents de cette industrie; l'adoption de ces mesures est prévue pour 1992 et leur mise en application complète, pour 1994.

La santé des écosystèmes ne peut être assurée sans la participation de la population. Pour accroître la sensibilisation des Canadiens et les inciter à participer davantage à des projets axés sur le milieu naturel, le gouvernement fédéral versera des fonds supplémentaires aux organismes écologiques non gouvernementaux et mettre sur pied des programmes d'information touchant plusieurs domaines de l'environnement, notamment l'eau.

Les problèmes globaux comme le changement climatique rendent la gestion des eaux encore plus complexe. Comme dans le cas de nombreux problèmes environnementaux actuels, la question du changement climatique nécessite l'intervention de plus d'un pays. À l'avenir, il faudra accorder une plus grande importance aux ententes et aux protocoles bilatéraux et multilatéraux dans le traitement et le règlement des problèmes environnementaux de la planète.

CONCLUSION

L'eau étant essentielle à la vie, la santé des écosystèmes aquatiques est un bon indicateur de l'état et de la pérennité de l'environnement. Le Canada possède

encore des lacs, des cours d'eau et des nappes souterraines dont l'eau peut être considérée comme pure. Il n'en demeure pas moins que des écosystèmes aquatiques sont détruits par l'acidification ou par l'eutrophisation causée par les activités humaines, que des cours d'eau servent d'égouts pour les effluents urbains et industriels en plus d'être contaminés par l'eau de ruissellement agricole et urbain,et que des aquifères sont contaminés par les pesticides, l'essence et d'autres produits chimiques organiques.

On a réussi à ralentir la dégradation des écosystèmes aquatiques du Canada, parfois même à en renverser le cours. Ces 20 dernières années, avec l'élimination quasi complète de la source ponctuelle de mercure à Dryden, en Ontario, on a assisté à la restauration graduelle du réseau hydrographique Wabigoon–English (figure 3.E4). Pour certains contaminants, on n'a obtenu que des résultats partiels. Les concentrations de 2,3,7,8-TCDD ont diminué dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs depuis que la production du pesticide 2,4,5-T a cessé vers le milieu des années 1970. Parallèlement, la contamination par les dioxines et les furanes a entraîné la fermeture d'un certain nombre de zones de pêche sur les côtes et à l'intérieur des terres. L'amélioration observée dans les Grands Lacs par suite de la restriction des apports de phosphore dans les années 1970 illustre de façon éloquente combien la réglementation peut servir dans la lutte contre la pollution. Par contre, l'eutrophisation de bon nombre de cours d'eau des Prairies, les concentrations accrues d'azote dans les Grands Lacs et la présence de pesticides et d'autres contaminants produits et utilisés en milieu terrestre sont autant de signes évidents de la nécessité de combattre les sources non ponctuelles de polluants présents dans les écosystèmes aquatiques.

La *Loi sur l'eau potable*, promise par le gouvernement fédéral dans Le Plan vert du Canada, doit permettre de rendre exécutoires, dans les régions de compétence fédérale, les normes établies en matière d'eau potable. À l'avenir, pour assurer la qualité de l'eau potable, les Canadiens devraient peut-être cesser de s'inquiéter uniquement de la qualité de l'eau du robinet et se préoccuper davantage de ce qui entre dans l'eau brute, à savoir des substances dont l'élimination exige des techniques de plus en plus perfectionnées et dont les effets à long terme sont inconnus.

Face aux nouveaux problèmes qui voient le jour, le maintien de réserves suffisantes d'eau pure pour les générations futures de Canadiens exigera de nouveaux outils de gestion ainsi que la participation des gouvernements, du secteur privé, du public et des organismes environnementaux non gouvernementaux dans un engagement commun pour la santé du milieu aquatique. Si nous négligeons de protéger nos ressources en eau contre la pollution et l'épuisement, nous courons vers un désastre total, car l'eau douce est véritablement l'élément vital du milieu naturel.

OUVRAGES CITÉS

Anderson, K., et L. Harmon. 1985. *The Prentice-Hall dictionary of nutrition and health*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Association canadienne de santé publique. 1986. *Une étude globale de la condition de l'eau potable des Grands Lacs*. Ottawa.

Birmingham, B., A. Gilman, D. Grant, J. Salminen, M. Boddington, B. Thorpe, I. Wile, P. Toft et V. Armstrong. 1989. « PCDD/PCDF multimedia exposure analysis for the Canadian population: detailed exposure estimation. » *Chemosphere*, 19(1–6) : 637–642.

Bishop, C., et D.V. Weseloh. 1990. *Les contaminants dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs*. Feuillet d'information EDE 90–2. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Boddington, M.J., A.P. Gilman, R.C. Newhook, B.M. Braune, D.J. Hay et V. Shantora. 1990. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement — Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation n° 1 : dibenzodioxines polychlorées et dibenzofurannes polychlorés*. Gouvernement du Canada, Ottawa.

Bothwell, M.L., S. Jasper et R.J. Daley. 1989. *Régulation de la production et de la biomasse algales par le phosphore dans la rivière Thompson, Colombie-Britannique*. Rapport n° 41 de l'Institut national de recherche en hydrologie. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Saskatoon (Saskatchewan).

Callwood, J. 1989. Page 70 dans : *Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, Rapport provisoire, été 1989, David Crombie, commissaire*. Toronto.

Carson, R.L. 1968. *Printemps silencieux*. Plon, Paris.

Chambers, P.A., E.E. Prepas, M.L. Bothwell et H.R. Hamilton. 1989. « Roots versus shoots in nutrient uptake by aquatic macrophytes in flowing waters. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 46(3) : 435–439.

Charlton, S.E.D., et D. Bayne. 1986. *Phosphorus removal: the impact upon water quality in the Bow River downstream of Calgary, Alberta*. Bow River data base 1980–1985. Services de la protection de l'environnement, ministère de l'environnement de l'Alberta, Edmonton.

Clarke, H.A., C.D.A Rubec, M.R. McKechnie et J.D. McCuaig. 1989. *Wetland conservation leadership in Canada*. Pages 743–750 dans : Marchand, M., et H.A. Udo de Haes (réd.). *The people's role in wetland management*. Conférence internationale sur les milieux humides, du 5 au 8 juin 1989, Leiden, Pays-Bas.

Comité directeur Canada–Ontario. 1983. *La pollution par le mercure dans le bassin hydrographique Wabigoon–English dans le nord-ouest de l'Ontario : diverses mesures de dépollution - Résumé du rapport technique*. Gouvernement du Canada, Ottawa, et gouvernement de l'Ontario, Toronto.

Comité national canadien de la Commission internationale des grands barrages. 1984. *Register of dams in Canada*.

Commission mixte internationale. 1987. *Rapport de 1987 sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, et annexe A*. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Commission mixte internationale, Windsor.

Commission mixte internationale. 1989. *Rapport de 1989 sur la qualité de l'eau des Grands Lacs*. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Commission mixte internationale, Windsor.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Le changement climatique et ses incidences sur le Canada : le point de vue scientifique*. Conseil du Programme climatologique canadien, Winnipeg (Manitoba).

Conseil des sciences du Canada. 1988. *De l'eau pour demain : pour une utilisation durable de l'eau au XXI^e siècle*. Rapport n° 40. Ottawa.

Elliott, J.E., R.W. Butler, R.J. Norstrom et P.E. Whitehead. 1989. « Environmental contaminants and reproductive success of Great Blue Herons (*Ardea herodias*) in British Columbia, 1986–87. » *Environmental Pollution*, 59(2) : 91–114.

Environnement Canada. 1990*a*. *L'eau propre, la vie en dépend!* Fiche d'information n° 3. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*b*. *Les eaux souterraines, trésors cachés de la nature*. Fiche d'information n° 5. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*c*. *Étude fédérale-provinciale des substances chimiques toxiques présentes dans les sources municipales d'eau potable de la région de l'Atlantique, 1985–1988 — Rapport d'interprétation*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Moncton.

Environnement Canada. 1990*d*. *Municipal water use data (MUD)*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1991. *Les eaux de surface et l'acidification dans les provinces de l'Atlantique*. Fiche d'information n° 91–1. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada et Environnement et Sécurité et hygiène du travail Manitoba. 1987. *Summary report: Canada-Manitoba Agreement on the study and monitoring of mercury in the Churchill River Diversion*. Ottawa.

Environnement Canada, U.S. Environmental Protection Agency, Brock University et Northwestern University. 1987. *Les Grands Lacs : atlas écologique et manuel des ressources*. Environnement Canada, Toronto, et U.S. Environmental Protection Agency, Chicago.

Fisher, M. 1990. « Indians eating contaminated fish. » *Globe and Mail*, le 5 novembre 1990.

Gillis, M., et D. Walker. 1986. *Pesticides and groundwater in the Atlantic Region*. Environnement Canada.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada pour un environnement sain*. Ottawa.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada*. Série de la classification écologique du territoire, n° 24. Direction du développement durable, Environnement Canada, Ottawa, et Polyscience Publications Inc., Montréal.

Gregor, D.J., et W.D. Gummer. 1989. « Evidence of atmospheric transport and deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Canadian arctic snow. » *Environmental Science and Technology*, 23(5) : 561–565.

Hamilton, H., et A. Wright. 1985. *Water quality and quantity model for irrigation in the south Saskatchewan River basin*. Présentation lors de la 38^e Conférence de l'Association canadienne des ressources hydriques, du 26 au 28 juin 1985, Lethbridge (Alberta).

Hamilton, H., G. Bodie et P. Shonekess. 1982. *Current impact of irrigation on salinity levels in the Bow and Oldman rivers*. Présentation au Water Studies Institute Symposium on Wastes and Prairie Water Quality, mai 1982, Saskatoon (Saskatchewan).

Hess, P.J. 1986. *Utilisation des eaux souterraines au Canada*. Institut national de recherche en hydrologie, document n° 28. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Hoffman, D.J., et P.H. Albers. 1984. « Evaluation of potential embryotoxicity and teratogenicity of 42 herbicides, insecticides, and petroleum contaminants to mallard eggs. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 13(1) : 15–27.

Howard, R. 1980. *Poisons in public: case studies of environmental pollution in Canada*. James Lorimer and Co., Toronto.

Kendall, P.R.W. 1990. *The quality of drinking water in Toronto: A review of tap water, bottled water and water treated by a point-of-use device*. Environmental Protection Office, Department of Public Health, Toronto.

Krawchuk, B.P., et G.R.B. Webster. 1987. « Movement of pesticides to ground water in an irrigated soil. *Water Pollution Research Journal of Canada*, 22(1) : 129–146.

Kreitzer, J.F., et J.W. Spann. 1973. « Tests of pesticidal synergism with young pheasants and Japanese quail. » *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 9(4) : 250–256.

Lewis, D. 1990. « Zebra mussels — a growing problem in the Great Lakes. » *Environmental Science and Engineering*, 3(1) : 30–31.

McRae, B. 1989. *Caractérisation et identification des pesticides susceptibles d'être lessivés et des zones potentielles de contamination de l'eau souterraine par les pesticides au Canada*. Article de documentation 89-01. Direction des pesticides, Agriculture Canada, Ottawa.

Mehrle, P.M., D.R. Buckler, E.E. Little, L.M. Smith, J.D. Petty, P.H. Peterman, D.L. Stalling, G.M. De Graeve, J.J. Coyle et W.J. Adams. 1988. « Toxicity and bioconcentration of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzofuran in rainbow trout. » *Environmental Toxicology and Chemistry*, 7(1) : 47–62.

Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1988. *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*. Toronto.

Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1991. *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*. Toronto.

Myers, N. 1990. *Gaia, notre planète : le grand atlas de l'environnement*. France Loisir, Paris.

Pêches et Océans Canada. 1990. *Fiche d'information sur les dioxines et furannes*. B-HQ-90-009F. Direction générale des communications, Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Pearse, P.H., F. Bertrand et J.W. MacLaren. 1985. *Vers un renouveau : rapport définitif de l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux*. Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux, Ottawa.

Priddle, M.W., et R.E. Jackson. 1989. *Impact de l'agriculture sur les eaux souterraines : recherche à l'Île-du-Prince-Édouard*. Contribution n° 89–115. Institut national de recherche sur les eaux, Centre canadien des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Quinn, F. 1990. « Will free trade drink Canada dry? » Pages 383–392 dans : *Proceedings of the Symposium on International and Transboundary Water Resources Issues*. Toronto, du 1^er au 4 avril 1990. American Water Resources Association et Association canadienne des ressources hydriques.

Santé et Bien-être social Canada. 1973. *Final report of task force on organic mercury in the environment*. Grassy Narrows and White Dog (Ontario).

Santé et Bien-être social Canada. 1983. *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada*. Préparé par le Groupe de travail fédéral-provincial sur la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, Ottawa.

Santé et Bien-être social Canada. 1988. *Élaboration de normes environnementales axées sur la santé au Canada*. Préparé pour le Groupe spécial de liaison du Comité consultatif sur la gestion des substances toxiques et du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. Conseil canadien des ministres des ressources et de l'Environnement. Rapport 88-EHD-141. Direction de l'hygiène du milieu, Ottawa.

Santé et Bien-être social Canada. 1989. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. 4^e éd. Préparé par le Sous-comité fédéral-provincial sur l'eau potable du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, Ottawa.

Statistique Canada. 1973. *Recensement du Canada 1971 : Agriculture*. Catalogue 96-701, vol. IV, Partie 1 (Bull. 4.1–1). Ottawa.

Statistique Canada. 1987. *Recensement du Canada 1986 : Agriculture*. Tableaux sommaires : Canada et provinces. Ottawa.

Tanabe, S. 1988. « PCB problems in the future: Foresight from current knowledge. » *Environmental Pollution*, 50 : (1–2) 5-28.

Tate, D.M. 1990. *Gestion de la demande d'eau au Canada : examen des mesures actuelles*. Collection des sciences sociales, n° 23. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada.

Tate, D.M., et D.N. Scharf. Sous presse. *Utilisation de l'eau dans les industries du Canada : 1986*. Collection des sciences sociales, n° 24. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada.

Turner, A.M. Sous presse. *The mapping of relative vulnerability of groundwater due to contamination from agricultural pesticides: A GIS approach*. Rapport commandé par l'Institut national de recherche en hydrologie. Environnement Canada, Saskatoon.

U.S. Environmental Protection Agency. 1980. *Ambient water quality criteria for polychlorinated biphenyls*. EPA-440/5-80-068. Office of Water Regulations and Standards Criteria. Washington, D.C.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Académie Rawson des sciences de l'eau. 1989. *Towards an ecosystem charter for the Great Lakes–St. Lawrence*. Ottawa.

Colborn, T.E., A. Davidson, S.N. Green, R.A. Hodge, C.I. Jackson et R.A. Liroff. 1990. *Great Lakes, great legacy?* The Conservation Foundation, Washington, D.C., et Institut de recherches politiques, Ottawa.

Commission mixte internationale. 1990. *Cinquième rapport biennal relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, Partie II*. Washington, DC, et Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *Les pluies acides : une évaluation nationale de la sensibilité*. Feuillet d'information environnemental 88–1. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Notions élémentaires sur l'eau : questions et réponses*. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Gorrie, P. 1990. « The James Bay power project. » *Canadian Geographic*, 110(1) : 21–31.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada*. Série de la classification écologique du territoire, n° 24. Publication conjointe d'Environnement Canada, Ottawa et de Polyscience Publications Inc., Montréal.

Hélie, R.G. En préparation. *Évaluation quantitative des eaux de surface menacées par les dépôts acides dans l'est du Canada*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre est le fruit des efforts collectifs du personnel de l'Administration centrale, des bureaux régionaux et des instituts de la Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada. Barbara Minish et Karen Hurley en sont les principales auteures. Elles tiennent à souligner la contribution de Jeanne Andrews, Albert Eatock, Christian Pupp et Frank Quinn, tous d'Ottawa, qui ont également participé à l'élaboration d'une version préliminaire et assuré sa coordination.

Nous remercions particulièrement Dana Vindasius et Robert Hélie, Direction de la planification et de la gestion des eaux, Peter Farrington, Lise Trudel, Sherry Walker, Connie Gaudet et Rob Stevens, Direction de la qualité des eaux, de même que Dave Harvey, Direction des ressources en eau, qui nous ont fourni aide et renseignements. Nous remercions également François Guimond, Art Goldsmith et Cynthia Wright pour leur orientation et leurs conseils. John Anderson et Tony Turner, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), ont contribué à la rédaction du texte et fourni des données et du matériel graphique.

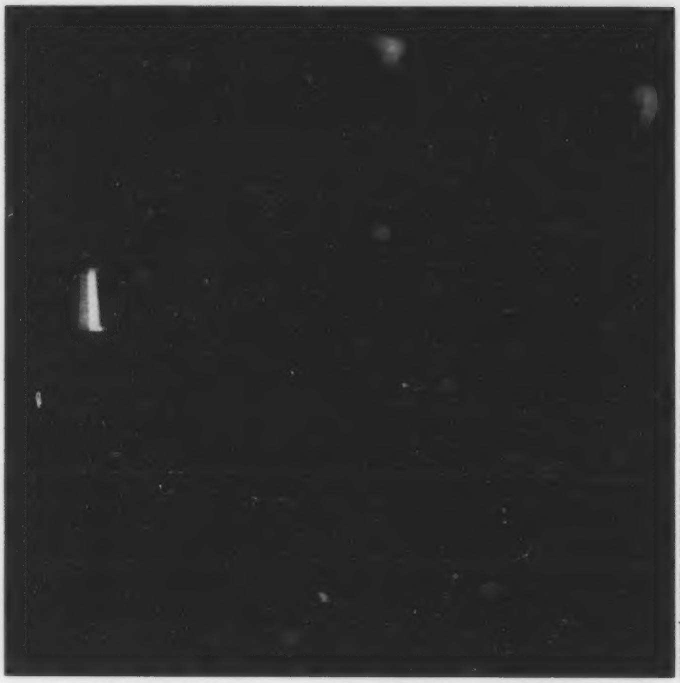
Outre la révision assurée par plusieurs membres du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit accompagnée de commentaires détaillés et substantiels a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : J.C. Day, professeur, School of Resource and Environmental Management, Université Simon-Fraser (Burnaby), Don Gamble, directeur exécutif, Académie Rawson des sciences de l'eau (Ottawa), A.L. Hamilton, conseiller principal en environnement, Commission mixte internationale, détaché à l'Académie Rawson des sciences de l'eau (Ottawa). Leurs opinions et leurs contributions tant sur le plan du texte que sur celui des données ont été précieuses pour l'amélioration du manuscrit.

Plusieurs personnes ont revu des parties du manuscrit à plusieurs étapes de son élaboration et ont donné de précieux conseils sur son contenu et sa présentation. Les auteures remercient Richard S. Tobin et Grace Wood, Direction de l'hygiène du milieu (Ottawa), et N. Previsich, Direction générale de la protection de la santé, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa).

Christian Pupp, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination des premières étapes de l'élaboration du chapitre et a supervisé la préparation de plusieurs versions; Wendy Simpson-Lewis s'est occupée des versions ultérieures jusqu'à l'étape de la publication.

La version finale du chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns.

4



GRACIEUSETÉ D'INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Nombre de zones côtières et d'estuaires, sur les trois côtes du Canada, montrent des signes d'une dégradation environnementale, grave dans certains cas, qui peut constituer une grande menace pour les ressources biologiques, les habitats et même pour la santé publique.

▪

D'innombrables contaminants — métaux lourds, hydrocarbures et composés organochlorés — ont été détectés dans la faune du littoral et son environnement. Les teneurs en composés organochlorés mesurées dans les œufs d'oiseaux de mer de l'estuaire du Saint-Laurent indiquent que cette région marine reste l'une des plus polluées du Canada; viennent ensuite la baie de Fundy, le détroit de Georgie et la côte ouest de l'île de Vancouver.

▪

La pression la plus forte exercée par les humains sur l'écosystème marin canadien vient de la capture de quelque 1,5 million de tonnes de poissons chaque année par les entreprises de pêche nationales et étrangères. Même si, dans la plupart des cas, le niveau de capture est généralement viable, certains stocks ont diminué à court terme du fait de la surpêche. C'est d'ailleurs pourquoi, au cours des dernières années, un certain nombre de conserveries de poissons ont dû fermer leurs portes dans la région de l'Atlantique. Il faudra faire d'autres études pour mesurer le plein impact des niveaux de capture. On n'a qu'une connaissance partielle des effets de cette pêche sur les chaînes alimentaires et d'autres aspects de l'écosystème marin dans son ensemble.

▪

Face à la crise provoquée par le faible nombre de poissons de fond, le gouvernement fédéral a mis sur pied le Programme de développement des pêches de l'Atlantique. Ce programme quinquennal doté de crédits de 584 millions de dollars est destiné à approfondir les connaissances dans le domaine des sciences halieutiques, à intensifier les efforts en vue de conserver les ressources et à favoriser la diversification de l'industrie, y compris l'expansion de l'aquiculture.

▪

Les pressions amenées par la croissance démographique sont moins fortes dans les régions côtières du Canada que dans le sud des États-Unis et dans le bassin méditerranéen. Cependant, l'accroissement de la population entre 1971 et 1986 dans les centres urbains, notamment Vancouver (28 %), Victoria (32 %), Saint-Jean (Terre-Neuve) (22 %) et Halifax (18 %), a introduit des pressions additionnelles dans les zones côtières.

▪

L'évacuation des eaux usées brutes et des contaminants industriels dans les eaux littorales limite la capacité du Canada de cultiver, de récolter et de commercialiser les crustacés et coquillages. Les organismes pathogènes présents dans les rejets d'eaux usées municipales sont à l'origine de la fermeture d'environ la moitié des zones coquillières à l'échelle nationale.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 4-4

Les activités humaines, vecteurs de changement . . . 4-5
Les pêches . . . 4-6
Les populations de poissons . . . 4-7
La contamination des zones coquillières . . . 4-8
La mise en valeur des ressources pétrolières et gazières sous-marines . . . 4-9
La navigation maritime . . . 4-10
L'immersion en mer . . . 4-11
L'aménagement du littoral . . . 4-12
La restructuration physique . . . 4-13
L'évacuation des eaux usées urbaines . . . 4-14
Les rejets des usines de pâtes et papiers . . . 4-14
Les matières en suspension et la demande biochimique en oxygène . . . 4-14
Les dioxines et les furanes . . . 4-15

Les types de contamination . . . 4-16
Les éléments nutritifs : l'eutrophisation et les toxines naturelles . . . 4-17
Les déversements en mer . . . 4-18
Les incidences de la pollution par les hydrocarbures . . . 4-18
Les hydrocarbures aromatiques polycycliques . . . 4-20
Les métaux lourds . . . 4-21
Les composés organochlorés synthétiques . . . 4-22
Les déchets sauvages et les débris persistants . . . 4-23

Le changement atmosphérique . . . 4-24
Le dioxyde de carbone . . . 4-24
L'élévation de la température . . . 4-24
L'élévation du niveau de la mer . . . 4-25
L'appauvrissement de la couche d'ozone . . . 4-25

La réponse des pouvoirs : à la rescousse de la mer . . . 4-25
Les initiatives en matière de politiques . . . 4-26
Les lois et règlements . . . 4-27
La planification stratégique . . . 4-27
Les régions marines protégées . . . 4-28
La gestion des zones côtières . . . 4-28
Les programmes de surveillance . . . 4-29

Conclusions . . . 4-29

Ouvrages cités . . . 4-30

Pour de plus amples renseignements . . . 4-33

Remerciements . . . 4-33

Liste des encadrés

4.1 La marée noire du *Nestucca* 4-19

4.2 La création du parc marin du Saguenay 4-27

Liste des figures

4.1 Zones coquillières fermées en raison de la contamination par les coliformes fécaux, 1972–1990 4-9

4.2 Permis d'immersion en mer délivrés au Canada, 1977–1989 4-12

4.3 Changements démographiques à moins de 50 km de la côte, 1971–1986 4-13

4.4 Pourcentage de la population des centres côtiers de plus de 1 000 habitants desservie par des installations d'épuration des eaux usées 4-14

4.5 Demande biochimique en oxygène et matières solides totales en suspension des eaux usées urbaines rejetées quotidiennement par les collectivités côtières de mille habitants et plus 4-15

4.6 Demande biochimique en oxygène et matières solides totales en suspension des eaux résiduaires rejetées quotidiennement par les usines de pâtes et papiers dans les eaux littorales de l'Atlantique 4-15

4.7 Demande biochimique en oxygène et matières solides totales en suspension des eaux résiduaires rejetées quotidiennement par les usines de pâtes et papiers dans les eaux littorales du Pacifique 4-16

4.8 Emplacement des usines de pâtes et papiers et des zones fermées à la pêche commerciale des crustacés et coquillages en raison de la contamination par les dioxines le long de la côte de la Colombie-Britannique 4-17

4.9 Déversements importants dans les eaux marines canadiennes, sauf l'Arctique, 1976–1987 4-18

4.10 Concentrations de BPC dans les œufs des oiseaux de mer sur les côtes de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Arctique durant certaines années choisies entre 1970 et 1989 4-22

4.11 Concentrations de dioxines et de furanes dans les œufs du cormoran à aigrettes sur les côtes est et ouest durant certaines années choisies entre 1973 et 1989 4-23

4.E1 Zones touchées par la marée noire du *Nestucca* 4-20

4.E2 Parc marin du Saguenay : limites proposées 4-28

Liste des tableaux

4.1 Estimation des revenus et des emplois générés par certaines industries océaniques choisies 4-5

4.2 Certaines activités marines et sources terrestres de contamination touchant les organismes marins sur les trois côtes du Canada 4-5

4.3 Effets potentiels sur le milieu marin de diverses activités et sources de contamination 4-6

4.4 Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte de l'Atlantique 4-7

4.5 Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte du Pacifique 4-8

4.6 Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte de l'Arctique 4-9

4.7 Règlements limitant les rejets de substances polluantes par les navires dans les eaux marines canadiennes 4-11

4.8 Initiatives en matière de gestion des ressources océaniques et de protection de la qualité du milieu marin 4-26

« Un grand ensemble diversifié de courants et de marées, de bancs au large et de littoral océanique, de prés et de terres arables, de montagnes et de rivières à saumons, de vergers et de laisses qui s'étendent à perte de vue, a accompli un cycle complet de rétablissement après la période glaciaire puis en collision avec la civilisation et est devenu — endommagé, certes — un monument à la vitalité de la nature. »

Franklin Russell, 1970,
The Atlantic coast

« Je ne veux pas remettre en question le droit des humains de domestiquer la nature sauvage de ces côtes et d'en récolter les ressources pour leur propre usage. Toutefois, rétrospectivement, il est évident que la cupidité et le gaspillage suscités par l'appât du gain immédiat, sans pensée ni planification aucune pour les rendements futurs, ont donné naissance à des modes d'exploitation dont nous subissons encore aujourd'hui les lourdes conséquences. »

Fred Bodsworth, 1970,
The Pacific coast

« Même si les mers nordiques sont glacées et lugubres et leurs habitants souvent rares, les poissons abondent et ce sont eux qui nourrissent la baleine, la plus grande créature qui ait jamais vécu sur Terre, et les éléphants de mer, les phoques et les morses. »

Fred Bruemmer, 1978,
L'Arctique

INTRODUCTION

Trois océans, l'Atlantique, le Pacifique et l'Arctique, baignent de leurs eaux bénéfiques les rivages du Canada. Le littoral du pays, qui s'étire sur 244 000 km, est le plus long du monde; s'étendant sur 3,7 millions de km^2, le plateau continental vient au deuxième rang mondial par sa superficie. Compte tenu de la prééminence maritime du Canada, on ne s'étonne guère du rôle important que les océans et les côtes ont joué au fil des siècles dans la vie des Canadiens, tant sur le plan de la subsistance que sur celui des besoins culturels, sociaux et économiques. Les écosystèmes côtiers et océaniques hébergent un large éventail d'organismes vivants, notamment des mammifères et des oiseaux de mer, des invertébrés et des populations de poissons à valeur commerciale.

Chacun des océans du Canada possède des caractéristiques physiques uniques qui influent sur la vie animale et végétale qui en dépend. La côte du Pacifique est dotée d'un plateau continental de moins de 50 km de largeur et d'un littoral accidenté caractérisé par une multitude de fjords et d'îles. Le plateau continental de l'Atlantique, dont la largeur est bien supérieure — elle peut atteindre 300 km en certains endroits —, abrite d'importantes zones de pêche dans la mer du Labrador, sur les Grands Bancs de Terre-Neuve ainsi que sur le plateau Scotian et sur le banc de Georges. Les eaux arctiques ont généralement une productivité biologique moindre, mais les zones libres de glaces, ou polynies, constituent des oasis polaires pour les baleines, les phoques, les ours blancs et les oiseaux de mer qui y passent l'hiver. La prolifération printanière du phytoplancton attire beaucoup d'espèces de mammifères marins, d'oiseaux et de poissons en grand nombre.

En plus de fournir une vaste gamme de ressources naturelles, vitales pour l'économie et pour la société canadiennes, les océans du Canada jouent un rôle important à plusieurs égards : corridors pour le commerce maritime, sources d'énergie et de ressources minérales non renouvelables, aires de loisirs et réserves fauniques naturelles exceptionnelles. Les industries telles que les chantiers navals et les services maritimes, la navigation, la pêche, la production gazière et pétrolière en mer, le transport et le tourisme ainsi que les industries de fabrication et de services tributaires des activités maritimes sont des éléments clés de l'économie canadienne. En 1988, ces industries ont fourni plus de 6 milliards de dollars au revenu national du Canada et ont assuré quelque 165 000 emplois (tableau 4.1). Au cours de la même année, les pêches ont été la source d'environ 50 % des recettes nationales et 75 % des emplois générés par ces industries.

Toutefois, on ne peut considérer les avantages économiques des océans indépendamment des écosystèmes marins, car ces éléments sont liés par des interactions complexes et diverses. La surexploitation des ressources marines et côtières peut avoir des effets désastreux sur les écosystèmes et sur le bien-être humain. Si les modes d'exploitation des ressources ne sont pas durables, l'environnement et, en fin de compte, l'économie en subiront les conséquences.

Déjà, les Canadiens sont témoins des conséquences de la dégradation de la qualité du milieu marin. L'aménagement du littoral a conduit à la détérioration ou à la disparition d'habitats. Les modes d'élimination des déchets causent du tort aux organismes et aux habitats marins et vont même jusqu'à les détruire. Le changement atmosphérique peut également avoir de lourdes conséquences sur la vie dans les mers et sur les terres côtières. Les pressions croissantes exercées sur les milieux naturels côtiers et marins, dont bon nombre sont liées aux activités humaines, mettent en question notre aptitude à protéger et à restaurer les écosystèmes marins et, en définitive, à préserver les océans pour que les générations à venir puissent en profiter.

LES ACTIVITÉS HUMAINES, VECTEURS DE CHANGEMENT

La vie marine subit l'influence de maints facteurs, notamment les phénomènes atmosphériques, les courants marins, le ruissellement des terres et les remontées d'eaux profondes riches en éléments nutritifs. Outre ces phénomènes naturels, la société industrielle moderne exerce aussi des pressions sur les écosystèmes marins. Dans certains cas, ces pressions ont des répercussions marquantes sur le bien-être et sur la santé des êtres humains.

Une grande partie des déchets que l'on trouve dans les océans proviennent de sources terrestres (tableau 4.2). Ce type de rejets représente jusqu'à 80 % des polluants totaux des océans, c'est-à-dire les sédiments, les éléments nutritifs et les contaminants biologiques et chimiques. Les régions proches des côtes peuvent être gravement touchées par de tels rejets, en particulier si la circulation de l'eau est restreinte. Une grande partie de ces polluants sont charriés jusque dans la mer par les ruisseaux, les rivières et les fleuves. En outre, les polluants atmosphériques peuvent être transportés sur des milliers de kilomètres et retomber avec les précipitations ou la poussière. Les contaminants sont ensuite mélangés, redistribués et transformés sous l'action des courants marins.

Les activités humaines peuvent faire subir au milieu marin une multitude d'agressions : contamination bactérienne ou virale, épuisement de l'oxygène, toxicité, bioaccumulation, dégradation de l'habitat, appauvrissement du biote et détérioration des valeurs esthétiques (tableau 4.3). Les exemples de relations de cause à effet abondent : par suite de la contamination fécale due aux eaux usées, certaines plages ont perdu leur valeur récréative et esthétique et ont dû être fermées sur deux côtes; les matières solides, notamment la fibre, l'écorce et d'autres résidus de la transformation du bois, ont asphyxié les organismes vivant sur le fond marin; la bioaccumulation de dioxines et de furanes dans les zones côtières à proximité des usines de pâtes et papiers a conduit à la fermeture de zones de pêche et risque d'être dommageable à la faune; enfin, les déchets de forage résultant de l'exploration et de la production gazières et pétrolières en mer ont altéré la vie sur certaines parties du fond océanique. De surcroît, les industries côtières de transformation des aliments continuent de rejeter des déchets consommateurs d'oxygène dans les eaux près des côtes, menaçant la vie aquatique; le ruissellement agricole et urbain injecte des pesticides

TABLEAU 4.1

Estimation des revenus et des emplois générés par certaines industries océaniques choisies

Industrie	Année	Revenu (milliards de $)	Emploi[a] (000)
Pêches	1988	3,2	123,0[b]
Pétrole et gaz	1988	0,3	1,6
Transport maritime	1988	2,3	23,8
Construction et réparation navales	1988	0,5	10,5
Fabrication et services axés sur les activités océaniques	1986	0,3	6,2
Total		**6,6**	**165,1**

[a] Représente le nombre d'emplois et non nécessairement le nombre d'années-personnes.

[b] Données pour 1987.

Source : Pêches et Océans Canada, 1987.

TABLEAU 4.2

Certaines activités marines et sources terrestres de contamination touchant les organismes marins sur les trois côtes du Canada

Contaminant ou activité	Atlantique	Pacifique	Arctique
Prospection ou exploitation des réserves de pétrole et de gaz	xx	xx	xxx
Immersion en mer	xx	x	x
Travaux d'aménagement du littoral (p. ex., ports, ports de plaisance, chaussées)	xx	xx	xxx
Rejets d'eaux usées urbaines	xxx	xxx	xx
Rejets des usines de pâtes et papiers	xxx	xxx	–
Raffineries de pétrole	xx	xx	–
Industrie chimique (p. ex., usines de chlore-alkalis)	x	x	–
Déchets miniers	xx	xx	xx
Déversements et fuites de produits chimiques d'installations côtières	x	x	x
Eaux de ruissellement des zones urbaines et agricoles	xxx	xxx	x
Déchets sauvages (p. ex., matières plastiques, billes, filets)	xx	xx	xx
Agriculture (éléments nutritifs, sédimentation)	x	x	–
Pesticides utilisés en agriculture et en foresterie	xx	x	–
Émissions atmosphériques	x	x	xx

Remarque : Les symboles illustrent le degré de danger que présentent ces contaminants et activités : xxx = très élevé, xx = élevé, x = modéré et – = faible. Ce classement quelque peu subjectif s'appuie sur les dommages écologiques étayés et sur les pertes subies dans les secteurs d'exploitation des ressources de l'économie.

Source : Waldichuk, 1988.

TABLEAU 4.3

Effets potentiels sur le milieu marin de diverses activités et sources de contamination

Activité ou source de contamination	Contamination bactérienne ou virale	Épuisement de l'oxygène	Toxicité	Bioaccumulation	Dégradation de l'habitat	Appauvrissement du biote	Détérioration des valeurs esthétiques
Prospection ou exploitation des réserves pétrolières et gazières		x	x	x	x	x	x
Immersion en mer	x	x	x	x	x	x	
Travaux d'aménagement du littoral	x				x	x	x
Rejets d'eaux usées urbaines	x	x		x	x	x	x
Rejets des usines de pâtes et papiers	x	x	x	x	x	x	x
Transformation des aliments et boissons		x			x		x
Raffineries de pétrole			x	x			x
Usines de chlore-alkalis			x	x			
Déchets miniers			x	x	x	x	x
Déversements et fuites de produits chimiques		x	x	x			x
Eaux de ruissellement des zones urbaines et agricoles	x	x	x	x	x		
Déchets sauvages					x	x	x
Agriculture	x	x	x	x	x		x
Pesticides			x	x			
Émissions atmosphériques	x		x	x			

Source : Waldichuk, 1988; T.R. Parsons, Université de la Colombie-Britannique, communication personnelle; D.J. Thomas, Seakem Oceanography Ltd., communication personnelle.

toxiques dans le milieu marin; enfin, la surpêche et la destruction d'habitats ont pour effet de réduire certains stocks de poissons d'intérêt commercial.

Les contaminants peuvent avoir des effets directs sur la santé des écosystèmes marins. Les nouvelles techniques chimiques mises au point après la Deuxième Guerre mondiale ont conduit à une prolifération de nouveaux produits chimiques toxiques tels les composés organochlorés synthétiques (p. ex., le DDT et les BPC). Ces composés, de même que les métaux lourds toxiques (p. ex., le mercure et le plomb), peuvent subir une bioaccumulation dans les tissus animaux et la concentration de certains d'entre eux peut augmenter à chacun des niveaux de la chaîne alimentaire (bioamplification). Par conséquent, la menace que représentent les contaminants toxiques pour l'écosystème marin et la santé humaine peut être amplifiée (voir le chapitre 21), ce phénomène étant illustré par les concentrations élevées de dioxines et de furanes dans les œufs du grand héron du détroit de Georgie, en Colombie-Britannique, et le rôle probable de ces substances dans les échecs de la reproduction observés dans les colonies d'oiseaux de mer.

La contamination peut également avoir des effets indirects. Les eaux usées, les engrais dans les eaux de ruissellement et les rejets industriels de déchets alimentaires, par exemple, peuvent augmenter la concentration d'éléments nutritifs en solution dans les eaux côtières. Ce phénomène peut donner lieu à des fleurs d'eau et à un épuisement subséquent de l'oxygène, une menace pour la plupart des organismes aquatiques; il peut en outre entraîner la multiplication rapide d'espèces toxiques de phytoplancton dont se nourrissent les crustacés et coquillages commercialement viables, ce qui rend ces derniers temporairement impropres à la consommation humaine.

Dans chacun des trois océans du Canada, on constate les effets de l'intensification des activités humaines dans les milieux côtiers et marins. L'exploitation des ressources, l'aménagement du littoral et les rejets de contaminants ont, tant sur les espèces que sur l'écosystème, des effets difficiles à comprendre et à évaluer parce que l'on ne connaît pas assez le fonctionnement et la dynamique de base des écosystèmes marins. Le long de chaque côte, on trouve des « points chauds » environnementaux (tableaux 4.4, 4.5 et 4.6); ces endroits peuvent avoir subi une grave dégradation physique ou une contamination chimique et bactériologique, ou être menacés par des projets d'aménagement. La présente section dégage certaines des questions les plus cruciales en matière de qualité de l'environnement marin, lesquelles sont étayées par des exemples de cas dans les eaux territoriales au large des côtes canadiennes de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Arctique ainsi que dans les océans du globe.

Les pêches

Chaque année, les flottes nationales et étrangères pêchent quelque 1,5 million de tonnes de poissons dans les océans du Canada (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1988; Parsons, sous presse). Par

son ampleur, la pêche constitue la plus lourde des pressions exercées par les humains sur l'écosystème marin du Canada. Les statistiques sur les captures ne reflètent pas tout l'impact de cette pratique sur l'écosystème marin, étant donné qu'elles ne font pas état des prises non déclarées, surtout des espèces non commercialisables, qui sont tout simplement rejetées en mer.

Les effets écologiques de ce niveau de récolte ne sont pas bien compris. Il faut procéder à d'autres recherches sur la dynamique des écosystèmes pour déterminer de quelle façon le prélèvement d'espèces commerciales se répercute sur d'autres composantes du milieu marin. Il est possible que les niveaux actuels de récolte aient un impact sur des équilibres fragiles (comme ceux existant entre les populations d'espèces prédatrices et les populations d'espèces-proies), mais celui-ci n'a pas encore été déterminé.

La pêche commerciale injecte un capital très précieux dans l'économie des régions côtières, soit 2 milliards de dollars sur la côte de l'Atlantique et 960 millions de dollars sur la côte du Pacifique. Bien que l'on veuille gérer la pêche de façon durable, la surpêche et la pollution exercent des pressions excessives sur certains stocks. La surpêche pratiquée par les flottes de pêche tant nationales qu'étrangères a sérieusement appauvri plusieurs stocks d'espèces commerciales dans l'Atlantique et dans le Pacifique (voir le chapitre 8).

Tableau 4.4

Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte de l'Atlantique

Secteur	Problèmes
Fleuve Saint-Laurent et estuaire	• apports industriels multiples • contamination des espèces exploitées par la pêche • présence de composés organochlorés chez les baleines
Baie des Chaleurs[a]	• apports industriels multiples • rejets et immersion en mer
Estuaire de la rivière Restigouche, baie des Chaleurs	• contaminants industriels • immersion en mer • dégradation de l'habitat du poisson (spécialement le saumon)
Estuaire de la rivière Miramichi	• contaminants des effluents d'usines de pâtes et papiers • dragage • métaux
Détroit de Northumberland	• pesticides • charges d'éléments nutritifs et de sédiments • toxines naturelles • effet de la « voie de liaison fixe » entre l'Î.-P.-É. et le continent
Côtes du N.-B., de la N.-É. et de l'Î.-P.-É.	• bactéries, contaminants, intoxication paralysante par les mollusques
Lac Bras d'Or, Cap-Breton	• conflits entre l'aquiculture et les autres utilisations
Bassin Shubenacadie-Stewiacke, N.-É.	• conflits entre de multiples utilisations
Partie inférieure de la baie de Fundy : estuaire des rivières Ste-Croix et Letang, bassin d'Annapolis	• contamination des crustacés et coquillages, perturbation de la migration du poisson, destruction de l'habitat du homard
Banc de Georges	• conflit entre la pêche et la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières
Côte sud-est de Terre-Neuve	• pétrole et gaz des Grands Bancs • navigation côtière
Ports divers	• pollution de sources urbaines et industrielles • conflits entre les utilisations

[a] Également considérée comme la partie méridionale du golfe du Saint-Laurent (Messieh et El-Sabh, 1988).

Source: Wells et Rolston, 1991.

Les populations de poissons

L'une des plus importantes zones de pêche de l'Atlantique canadien, les Grands Bancs de Terre-Neuve, s'étend au-delà de la limite de 200 milles du Canada. Il y a surpêche à cet endroit, surtout sur les deux extrémités des bancs et sur le Bonnet flamand, en raison des captures effectuées par les États non membres de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord (p. ex., la Corée et les États-Unis) et des dépassements de quotas de certains membres. La surcapacité de la flotte nationale, notamment celle des petits chalutiers, a également conduit à une surpêche de plusieurs stocks de poissons de fond (espèces d'interêt commercial qui vivent sur le fond de la mer) de l'Atlantique, comme la morue et l'aiglefin, et, par voie de conséquence, à la fermeture d'usines de transformation du poisson en 1989 et en 1990. On observe la même surcapacité dans le cas du saumon du Pacifique (Gouvernement du Canada, 1990*b*).

Bien que l'on poursuive les efforts en vue d'accroître la sélectivité des engins de pêche, il y a des pertes attribuables aux captures d'espèces non visées (poissons qui ne sont pas de la bonne espèce ou de l'âge voulu), de mammifères marins, d'oiseaux et de reptiles. D'autres recherches sont nécessaires sur la capture d'espèces non visées et sur son impact sur les populations des diverses espèces. Il faut aussi procéder à des études scientifiques de l'effet du passage des engins de pêche sur les communautés benthiques et sur le degré de transformation de l'habitat. Dans la région de l'Atlantique, on estime que les grands chalutiers traînent chaque année des filets sur une superficie de 30 000 km^2, ce qui équivaut à 15 % du plateau continental de l'Atlantique.

Depuis plus de 10 ans, le Japon, le Taïwan et la Corée du Sud pêchent le calmar en haute mer, dans le Pacifique Nord, à l'aide de filets dérivants ou flottants fixés à des dériveurs. Les quelque 700 navires de ces trois nations mettent à la mer 3 millions de kilomètres de

TABLEAU 4.5

Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte du Pacifique

Secteur	Problèmes
Partie inférieure et estuaire du fleuve Fraser	• rejets d'eaux usées urbaines • HAP et dioxines • effluents d'usines de pâtes et papiers • poissons contaminés
Ruisseau False, port de Vancouver	• sédiments contaminés • BPC et HAP
Port de Vancouver	• métaux • composés organostanniques et BPC • poisson contaminé
Port de Victoria	• rejets d'eaux usées urbaines • sédiments contaminés
Baie de Howe	• poissons contaminés • effluents d'usines de pâtes et papiers • émissions et effluents contaminés provenant de sources industrielles • rejets en mer • mercure
Bras Kitimat	• effluents de l'aluminerie • poissons contaminés • sédiments contaminés
Inlet Rupert et bras Alice	• élimination des résidus miniers • contamination des sédiments et du biote par les métaux
Inlets Neroutsos et Alberni	• élimination des résidus miniers • contamination des sédiments • contamination par les industries des pâtes et papiers
Prince Rupert	• dioxines et pêche au crabe • contamination de la laisse de mer par les métaux • rejets d'eaux usées urbaines

Source : Wells et Rolston, 1991.

filets dérivants chaque année. On estime les prises annuelles d'espèces non visées par la pêche aux filets dérivants à 87 000 mammifères marins et à 750 000 oiseaux de mer (Beamish et collab., 1989; Commission internationale des pêcheries du Pacifique Nord, 1990) et à environ 40 000 t de saumon et 15 000 t de germon (thon blanc) (S. Mckinnell, Pêches et Océans Canada, communication personnelle). Les problèmes causés au Canada par la pêche hauturière aux filets dérivants sont notamment :

- les captures élevées d'espèces non visées, y compris des mammifères marins, des oiseaux de mer, des tortues de mer et des poissons tels que le saumon, le thon, le voilier et le requin;
- la capture et la conservation illégales de salmonidés par les navires visant principalement le calmar;
- les incidences de cette pêche sur la population de calmars;
- le problème des débris marins, notamment les filets perdus ou abandonnés (les « filets-fantômes »).

Les données sur les captures annuelles connues de stocks de poissons gérés sont des mesures utiles de la pression exercée par les pêches sur le milieu marin. Elles ne reflètent cependant ni les prises non déclarées ni les impacts de la pêche sur les chaînes alimentaires et sur l'écosystème marin, quoique les changements dans la composition des espèces attestent de tels effets. Par exemple, il se peut que les poissons de peu de valeur tel l'aiguillat sur la côte de l'Atlantique aient proliféré en l'absence de concurrence par des espèces commerciales faisant l'objet d'une pêche intensive. Toutefois, ces espèces accusent normalement des fluctuations à la hausse et à la baisse.

Les populations d'espèces pélagiques (de haute mer) comme le hareng ont subi des fluctuations considérables. On ne sait pas vraiment pourquoi les populations de poissons fluctuent autant. Dans certains cas, ces fluctuations peuvent être attribuables à des facteurs naturels ou environnementaux comme la présence de nourriture ou le changement climatique; dans d'autres cas, il est évident que les activités humaines, en particulier la surpêche, sont en cause. La disparition virtuelle du stock de harengs du banc de Georges a été provoquée à la fois par la surpêche et par des conditions environnementales défavorables; précisons que ce stock se rétablit lentement.

Actuellement, nous connaissons mal les facteurs naturels ou biologiques, y compris le comportement des poissons, qui influent sur la capacité biologique et qui contribuent aux fluctuations des stocks de poisson. En outre, il est essentiel de disposer de plus de données sur les prises commerciales dans les eaux canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique pour pouvoir dresser un tableau complet des pêches commerciales dans les zones côtières du Canada (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991) (voir le chapitre 8).

Face à la crise provoquée par le faible nombre de poissons de fond, le gouvernement fédéral a mis sur pied le Programme de développement des pêches de l'Atlantique. Ce programme quinquennal doté de crédits de 584 millions de dollars vise à accroître les capacités du Canada en matière de sciences halieutiques, à améliorer la conservation des stocks de poisson et à favoriser la diversification de l'industrie, notamment dans le domaine de l'aquiculture, un secteur en expansion sur les côtes Est et Ouest.

La contamination des zones coquillières

Nombre de régions productives des côtes de l'Atlantique et du Pacifique ont été contaminées par des effluents industriels ou municipaux. Dans les provinces maritimes, les fermetures de zones de pêche commerciales à Belledune — présence de métaux lourds — et dans le port de Sydney — contamination du homard par les HAP et par des matières fécales — ne sont pas des cas isolés. En 1989, on a fermé plus de 39 % des régions de la côte canadienne de l'Atlantique, le Québec exclu, classées comme convenant à la récolte directe des crustacés et coquillages, ce qui représente une hausse de 70 % depuis 1975 (figure 4.1). La contamination fécale a également touché les zones coquillières. À Terre-Neuve, en janvier 1989, on a rejeté 30 % des sites proposés pour l'aquiculture en raison des numérations élevées de coliformes fécaux. Les 44 sites représentent 127 km de littoral (U. Williams, Pêches et Océans Canada, communication personnelle).

Une région couvrant quelque 70 000 ha et 730 km sur le littoral du Pacifique, dont la plus grande partie était propice à la récolte des coquillages et crustacés, a été fermée en 1988 en raison d'une contamination bactérienne causée principalement par les eaux usées. Une grande partie de la région se trouve dans l'estuaire du fleuve Fraser et dans la baie Boundary qui y est adjacente. Jusqu'en 1987, le nombre de fermetures des zones coquillières a été stable ou en légère diminution. Entre 1986 et 1988, on a enregistré une augmentation de 24 % (figure 4.1). Cette hausse soudaine est cependant attribuable à une intensification des activités de surveillance et de déclaration et à la décision administrative de fermer les secteurs aux environs des quais et des ports de plaisance, plutôt qu'à des niveaux accrus de pollution. Par ailleurs, elle laisse supposer que l'étendue des zones touchées était auparavant sous-estimée (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991).

TABLEAU [illegible]

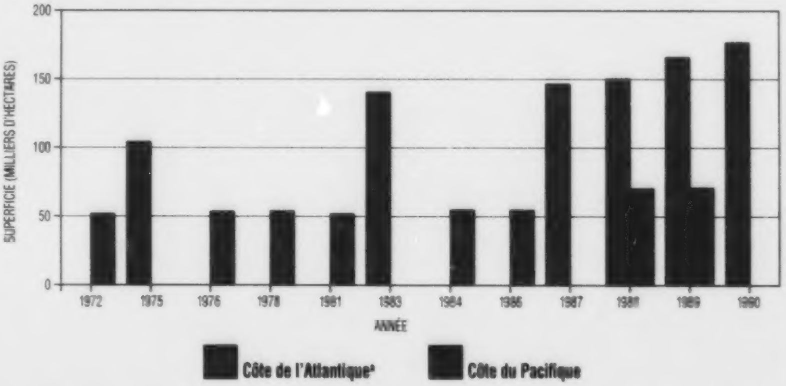
Secteurs de préoccupation environnementale sur la côte de l'Arctique

Secteur	Problème
Port de Tuktoyaktuk	• sédiments contaminés • déversements d'hydrocarbures • rejets d'eaux usées urbaines
Arctique de l'Ouest	• bruit industriel et cétacés • élimination des boues de forage • transport à grande distance des polluants atmosphériques • rejets d'eaux usées urbaines • dragage, perturbation de l'habitat, turbidité • déversements d'hydrocarbures
Détroit de Lancaster	• protection de l'habitat contre les navires • impact des brise-glace • bruit industriel et cétacés • résidus miniers, perturbation de l'habitat • rejets d'eaux usées urbaines • transport à grande distance des polluants atmosphériques
Baie d'Hudson	• aménagements hydroélectriques, modification du cycle du débit des eaux douces, rejets de mercure • contamination de la faune par des substances toxiques

Source : Wells et Rolston, 1991.

FIGURE 4.1

Zones coquillières fermées en raison de la contamination par les coliformes fécaux, 1972–1990



[a] Données non disponibles pour le Québec.

Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

La mise en valeur des ressources pétrolières et gazières sous-marines

La mise en valeur des ressources pétrolières et gazières sous-marines peut avoir des impacts directs ou indirects sur les écosystèmes marins. Les activités de prospection et de production peuvent entraîner la perturbation ou la modification temporaire des habitats, tandis que les rejets opérationnels ou accidentels de substances toxiques peuvent contaminer les sédiments et l'eau et dégrader l'habitat pendant de longues périodes. Les capacités limitées

d'intervention d'urgence en mer et de confinement des déversements accidentels, notamment dans le cas des collisions d'icebergs avec des plates-formes de production, constituent les problèmes clés de la mise en valeur des ressources pétrolières sous-marines.

Lors du forage d'un puits, de grandes quantités (généralement 200–500 m^3) de boues et de déblais de forage sont rejetées directement dans l'océan. Les adjuvants de boue employés dans le procédé de forage soulèvent un problème particulier en raison de la variété de contaminants qu'ils peuvent contenir, notamment des métaux lourds, des hydrocarbures et des biocides. En général, les effets des rejets de forage sont confinés dans un rayon de 500 m du site (Thomas et collab., 1984).

Comme on a pu le constater par le passé, les déversements et les éruptions de pétrole et de gaz dans les eaux du large représentent une menace importante pour les trois côtes du Canada. En 1973, les travaux de forage en mer pour l'exploitation des réserves d'hydrocarbures non gazeux ont été amorcés dans l'Arctique canadien, une région extrêmement sensible à la pollution en raison des basses températures et de la diversité réduite des espèces qui la caractérisent. En 1972, sur la côte du Pacifique, le gouvernement de la Colombie-Britannique a imposé un moratoire sur la prospection en mer (qui n'a pas été levé), tandis que les gouvernements du Canada, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve ont interdit les activités de prospection dans la région du banc de Georges jusqu'en l'an 2000, en réponse au lobbying de l'industrie de la pêche (Wells et Rolston, 1991). Il faut procéder à d'autres travaux de recherche et développement pour évaluer les risques et les effets environnementaux des déversements associés à l'exploitation des gisements sous-marins.

En 1989, le nombre de puits forés au large de la côte de l'Arctique totalisait 130 et, au large de la côte de l'Atlantique, 273 (Packman et Shearer, 1988; Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, données fichées). Depuis le milieu des années 1980, les activités ont ralenti dans le secteur du gaz et du pétrole en raison du recul des prix mondiaux du pétrole. Cependant, le projet de mise en valeur du champ Hibernia, d'une valeur de 8,5 milliards de dollars, et de plus petits projets de mise en valeur sur le plateau Scotian (champs pétrolifères Cohasset et Panuke), de même que les réserves de gaz naturel du champ Venture, près de l'île de Sable, représentent des possibilités d'expansion économique sur la côte Est. Ces projets, qui seront mis en production dans les prochaines années, doivent également être considérés comme des menaces importantes pour la vie marine locale, notamment pour les populations de poissons des Grands Bancs de Terre-Neuve et l'aire de reproduction du phoque gris et du phoque commun sur l'île de Sable (Eaton et collab., 1986; Wells et Rolston, 1991).

La navigation maritime

Les navires laissent des contaminants dans leur sillage. Par exemple, le Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine (1990) signale que le transport maritime, y compris le trafic des pétroliers, les autres activités de navigation et les déversements accidentels par les navires, est à l'origine d'environ 46 % de tous les rejets annuels d'hydrocarbures dans la mer.

De nombreux déversements à petite échelle sont associés à la navigation maritime (G. Cloutier, Environnement Canada, communication personnelle). Cette pollution, intentionnelle ou non, se produit en grande partie durant les opérations normales en mer. L'altération du milieu marin peut se produire lors du rejet d'eaux de lest[1], d'eaux de cale, d'eaux-vannes (eaux usées), de produits chimiques, d'ordures et de divers polluants. On craint par ailleurs la menace que pourrait faire peser sur le milieu marin canadien le rejet d'eaux de lest venant de ports étrangers. On croit généralement que la dreissena polymorphe, une moule introduite dans l'écosystème des Grands Lacs, était présente dans l'eau de lest rejetée par un navire européen aux environs de 1985. Les fuites d'huile hydraulique de la machinerie de pont, le lessivage de substances toxiques provenant des enduits des coques, les fuites des canalisations et les pertes de cargaison peuvent tous constituer des sources de pollution accidentelle (D.B. Ross, Garde côtière canadienne, communication personnelle).

Les accidents de navigation contribuent à ce problème persistant à un niveau international et prennent parfois des proportions énormes comme dans le cas de l'*Exxon Valdez*. Il semble cependant que nombre d'accidents pourraient être évités. Selon le Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement marin (1990) du Canada, les erreurs humaines sont à l'origine de la très grande majorité des accidents de pétroliers; malgré cela, les pressions de la concurrence ont réduit dangereusement les équipages et ont donné une importance croissante à l'abrégement du temps de séjour dans les ports. Par ailleurs, selon le même rapport, presque tous les rejets opérationnels — déversements durant le chargement et le déchargement, lavage des réservoirs et rejet d'eaux usées — peuvent être évités.

Les règlements touchant la pollution produite par l'industrie du commerce maritime ont été considérablement améliorés au cours des deux dernières décennies. Les navires circulant dans les eaux canadiennes et les zones de pêche sont sujets à des dispositions strictes en matière de pollution, aux termes notamment de la *Loi sur la marine marchande du Canada* et de la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques*. Il existe plusieurs règlements destinés à prévenir la pollution (tableau 4.7). Les règlements proposés couvriront éventuellement tous les polluants, mais leur version actuelle traite principalement de la pollution par les hydrocarbures (D.B. Ross, Garde côtière canadienne, communication personnelle).

[1]Les navires circulant sans cargaison peuvent remplir leur ballast d'eau de lest. Les eaux de lest, rejetées au chargement suivant, peuvent avoir été contaminées par la cargaison précédente (p. ex., hydrocarbures, vin, minerais).

TABLEAU 4.7

Règlements limitant les rejets de substances polluantes par les navires dans les eaux marines canadiennes

Substances polluantes	Règlement sur la prévention de la pollution par les hydrocarbures	Règlement sur la prévention de la pollution par les ordures	Règlement sur les substances polluantes	Règlement sur la pollution de l'air	Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires
Hydrocarbures	Interdiction dans l'ensemble des eaux canadiennes (eaux intérieures, mers territoriales et zones de pêche)	S.O.[a]	S.O.	S.O.	Interdiction sauf pour sauver une vie humaine ou le navire, ou par suite d'échouement, de collision, de naufrage ou de fuites normales
Ordures	S.O.	Interdiction dans l'ensemble des eaux canadiennes (eaux intérieures, mers territoriales et zones de pêche)	S.O.	S.O.	Interdiction par la Direction générale de la sécurité des navires de la Garde côtière canadienne
Eaux usées	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	Autorisation dans certains cas particuliers
Produits chimiques	S.O.	S.O.	Interdiction de rejeter, dans l'ensemble des eaux canadiennes (eaux intérieures, mers territoriales et zones de pêche), des produits chimiques spécifiés	S.O.	Interdiction par la Direction générale de la sécurité des navires de la Garde côtière canadienne
Eaux ménagères[b]	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
Émissions de cheminées	S.O.	S.O.	S.O.	Précise les limites de la densité des fumées dans l'ensemble des eaux canadiennes à moins d'un mille du rivage	S.O.

[a] S.O. = sans objet

[b] Eaux ménagères : eaux résiduaires produites par les activités ménagères comme le lavage, souvent réutilisées comme source pour les eaux usées ou eaux-vannes.

Source : Tom Anderson, Melville Shipping Ltd., Ottawa, communication personnelle.

Le Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement marin (1990) a indiqué qu'on ne disposait nulle part au Canada de capacités efficaces d'intervention en cas de rejet de grande envergure. L'industrie a cependant réalisé des progrès à ce chapitre. L'Institut canadien des produits pétroliers (1991) a consacré environ 40 millions de dollars (1990–1993) à l'amélioration de sa capacité d'intervention en cas de déversement en mer. Il a renforcé ses deux centres d'intervention, l'un sur la côte Ouest, dans la région de Vancouver, et un autre dans la région des Grands Lacs. Deux nouveaux centres ont été établis; le premier est situé à Halifax et le second, qui couvre le corridor Montréal–Québec du fleuve Saint-Laurent, est à Lévis. En outre, le 26 juin 1991, on a annoncé que 100 millions de dollars seraient consacrés dans le cadre du Plan vert à l'amélioration des capacités du Canada dans ce domaine.

Depuis plus de 15 ans, le Canada mène des recherches pour la prévention de la dégradation de l'environnement par les déversements en mer. L'objectif est de créer des centres côtiers d'intervention, de comprendre et de réduire les impacts des déversements et d'augmenter l'efficacité des opérations de nettoyage des lieux d'un déversement (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). La Garde côtière canadienne dispose actuellement de 52 dépôts de matériel comprenant des barrages flottants, des récupérateurs et des bateaux lui permettant d'intervenir en cas de déversement en des points stratégiques sur les côtes canadiennes (P. Vandenberg, Garde côtière canadienne, communication personnelle).

L'immersion en mer

Réglementée par le gouvernement fédéral, l'immersion en mer permet d'éliminer certains types de matériaux à des endroits donnés. Cependant, nombre d'autres types de déchets, pouvant

FIGURE 4.2

Permis d'immersion en mer délivrés au Canada, 1977–1989

Remarque : Les permis fournissent une mesure indirecte de l'agression du milieu marin résultant des immersions en mer. Les chiffres cités représentent une estimation modeste du nombre de permis délivrés à l'échelle nationale; la région du Pacifique, par exemple, délivre des « permis généraux » en vertu desquels le titulaire peut être autorisé à faire plus d'un déversement ou à utiliser plus d'un site. La future base nationale de données sur les rejets en mer produira des indicateurs qui donneront une idée plus juste des effets des immersions sur le milieu marin en précisant, par exemple, le nombre de permis refusés chaque année en raison des effets possibles sur le milieu marin.

Source : B. Kay et L. Porebski, Environnement Canada, communication personnelle; Environnement Canada (1990*a*).

représenter jusqu'à 80 % de l'apport total de déchets dans les océans, sont d'origine terrestre et ne relèvent pas des dispositions sur l'immersion en mer de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*.

En 1989, on a rejeté 5 millions de mètres cubes de déblais de dragage et 131 500 t de déchets de conditionnement du poisson dans les eaux marines du Canada. Entre 1977 et 1989, on a délivré en moyenne au Canada 164 permis d'immersion en mer chaque année (figure 4.2). La majeure partie des permis approuvés ont trait aux déblais de dragage (principalement des ports). Toutefois, au cours des cinq dernières années, il y a eu une forte hausse du nombre de permis délivrés pour d'autres types de déchets, surtout pour les déchets de conditionnement du poisson. Cette augmentation ne signifie pas qu'il y ait une hausse importante des rejets, mais plutôt que l'industrie du conditionnement du poisson est plus consciente de la nécessité d'obtenir des permis d'immersion. Parmi les autres rejets non issus du dragage, citons les épaves de navires et les matériaux d'excavation. Au large des côtes de l'Arctique, 63 permis ont été délivrés entre 1980 et 1990; quelque 106 millions de tonnes de déblais de dragage, 1 200 t de matériaux d'excavation et 56 000 t de ferraille ont été immergées (Environnement Canada, 1990*a*).

Lorsqu'il examine les demandes de permis de ce type, Environnement Canada évalue, en fonction de chaque région, les effets environnementaux suivants : toxicité pour les organismes marins, contamination des sédiments ou d'autres matériaux, bioaccumulation, altération de la chair ou dépréciation de la valeur marchande des ressources (poissons, crustacés et coquillages), demande biochimique en oxygène, destruction de l'habitat, risque de production d'odeurs, de mousse et de débris et perturbation possible des activités économiques telles la pêche et la navigation. Les dispositions de contrôle sont conçues pour éliminer ou réduire au minimum les incidences potentielles de l'immersion en mer sur les plans environnemental et économique. Par exemple, elles interdisent ou limitent le rejet de substances nocives, y compris le mercure, le cadmium, les hydrocarbures et les graisses, les déchets hautement radioactifs, les plastiques rémanents et divers autres matériaux toxiques. Les normes appliquées à l'immersion en mer témoignent de la volonté de protéger la santé humaine, la vie marine et les utilisations légitimes de la mer. En 1990, les parties à la Convention de Londres sur l'immersion des déchets, dont le Canada, ont convenu d'éliminer progressivement l'immersion en mer des déchets industriels d'ici 1995 (B. Kay et L. Porebski, Environnement Canada, communication personnelle).

Cependant, on ne comprend pas encore parfaitement les effets de l'immersion en mer sur le milieu marin canadien. Les programmes limités de surveillance n'ont pas permis d'évaluer les répercussions à court et à long terme de cette pratique. Les programmes améliorés de surveillance des sites d'immersion et d'évaluation des substances devant être rejetées en mer fourniront des réponses à certaines de ces questions (B. Kay et L. Porebski, Environnement Canada, communication personnelle).

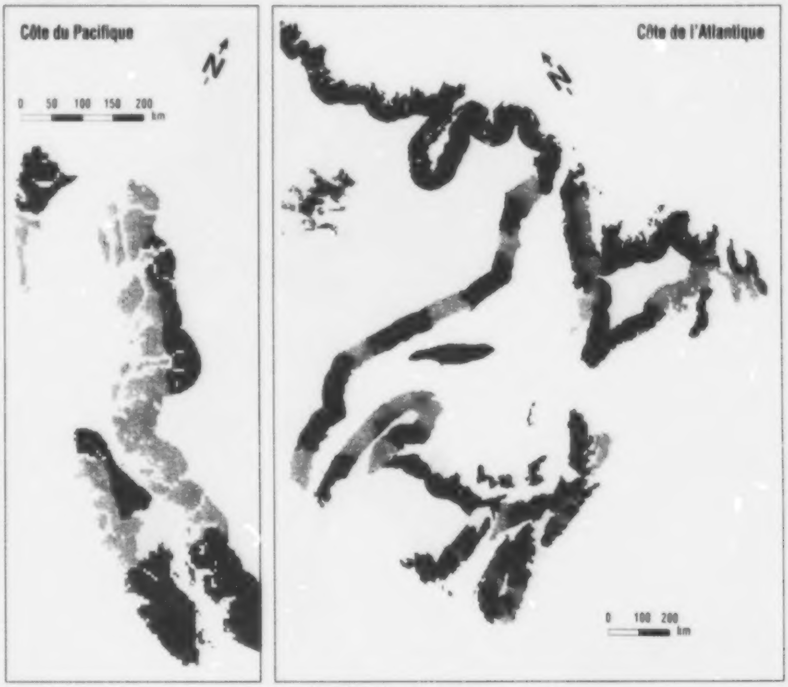
L'aménagement du littoral

On reconnaît à présent que la poussée démographique dans les régions côtières du monde est un problème croissant. Au Canada, l'ampleur du phénomène est moindre que, par exemple, dans l'est et le sud-ouest des États-Unis et autour de la Méditerranée, mais il n'en reste pas moins préoccupant (p. ex., dans la région de Vancouver). En 1986, environ 18 % des Canadiens — soit 4,5 millions de personnes sur une population de 25 millions — résidaient à moins de 50 km de la côte (figure 4.3).

Entre 1971 et 1986, la population s'est accrue d'environ 30 % sur la côte du Pacifique, surtout autour de Vancouver (28 %) et de Victoria (32 %). Sur la côte de l'Atlantique, la population a augmenté d'environ 10 % durant cette période, les plus forts taux de croissance ayant été observés autour de St. John's (22 %) et de Halifax (18 %). Une telle croissance accentue souvent les pressions exercées sur les écosystèmes marins, en raison des eaux usées, des déchets industriels, des ordures et du ruissellement urbain.

FIGURE 4.3

Changements démographiques à moins de 50 km de la côte, 1971–1986



Nombre de personnes

Croissance négative | 0–2 499 | 2 500–9 999 | 10 000–24 999 | 25 000–49 999 | > 50 000

Source : Statistique Canada, Recensement de la population 1971–1986, Unité de l'environnement et des ressources naturelles.

La restructuration physique

Les aménagements côtiers comme les installations portuaires, les habitations et autres ouvrages exercent une pression sur le milieu marin. Les établissements humains et les industries empiètent sur les milieux humides et d'autres habitats. Depuis 1880, par exemple, les travaux de construction, d'endiguement, d'assèchement et de remblayage des milieux humides deltaïques et des régions intertidales de l'estuaire du fleuve Fraser destinées aux établissements humains ont entraîné l'altération de plus de 70 % des habitats du littoral et de 50 % du delta (Kennett et McPhee, 1988).

La restructuration physique, c'est-à-dire la construction de chaussées, de barrages, de brise-lames et de jetées, peut également altérer le mouvement des eaux et des sédiments et perturber la migration et la montaison du poisson et le transport des larves d'invertébrés. En Nouvelle-Écosse, la construction de la chaussée de Canso a modifié le nombre et la composition des espèces benthiques dans le détroit de Canso. Une plus petite chaussée dans le passage de Barrington a coupé la migration estivale du maquereau et a détruit l'habitat du homard (Eaton et collab., 1986).

Les barrages sur les cours d'eau du sud du Québec ont modifié l'écoulement des eaux douces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et, par voie de conséquence, les régimes de salinité et la productivité biologique. La construction de la centrale marémotrice d'Annapolis sur la rivière Annapolis en Nouvelle-Écosse a modifié les courants et causé de l'érosion en amont. Les populations de poissons et d'oiseaux et les êtres humains tributaires du cours d'eau et de son écosystème côtier ont subi les conséquences de ce projet (Wells et Rolston, 1991).

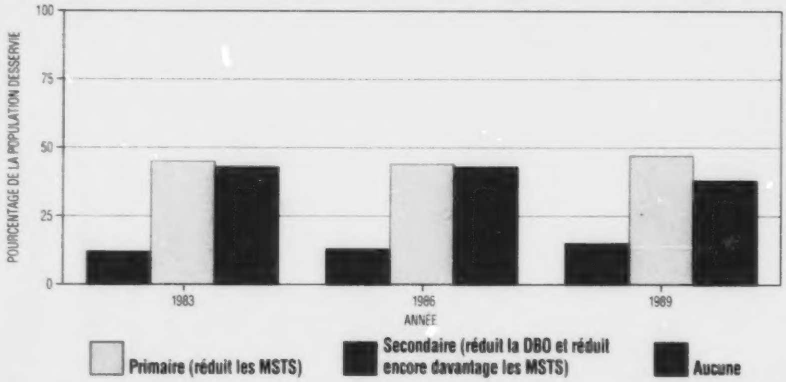
Les propositions de construction d'une voie de liaison fixe entre Borden sur l'île du Prince-Édouard et le Cap-Tourmentin au Nouveau-Brunswick (pour remplacer les services de traversier sur le détroit de Northumberland) ont porté principalement sur la construction d'un tunnel ou d'un pont. Parmi les impacts environnementaux prévus si la solution du pont est retenue, on relève les interférences physiques avec les pêches (le retardement de la disparition des glaces, par exemple, pourrait modifier les habitudes migratoires des poissons de fond et des poissons pélagiques) (Commission fédérale d'évaluation et d'examen en matière d'environnement, 1990).

L'effet le plus spectaculaire de la construction de chaussées et de piliers peut être observé le long de la baie de Fundy, où les chaussées sur les rivières à marées Petitcodiac et Avon ont entraîné un envasement prononcé et la création de vasières littorales artificielles (Amos, 1977). La chaussée de l'estuaire de la rivière Letang au Nouveau-Brunswick a empêché la dispersion des déchets à forte demande biochimique en oxygène rejetés par une usine de pâtes au bisulfite située à proximité et elle a dégradé les conditions environnementales, entraînant la fermeture de zones coquillières (Wildish et collab., 1974, 1988).

Dans l'Arctique, l'expansion des activités industrielles est la principale question en matière d'aménagement du littoral. Entre 1959 et 1990, on a procédé à 167 travaux de dragage associés à la prospection en mer dans la partie méridionale de la mer de Beaufort, dans le port de Tuktoyaktuk, dans la baie McKinley et à la pointe Tuft (E. Porter, Environnement Canada, communication personnelle). La construction d'îles artificielles, de quais de chargement et

FIGURE 4.4

Pourcentage de la population des centres côtiers de plus de 1 000 habitants desservie par des installations d'épuration des eaux usées[a]



[a] Moins de 1% de la population côtière vivant dans des collectivités de plus de 1 000 habitants est desservie par un système d'épuration tertiaire réduisant la teneur en éléments nutritifs.

Source: Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

de sites miniers s'est traduite par un accroissement localisé à court terme des concentrations de sédiments en suspension et de la turbidité; par ailleurs, certains habitats benthiques ont été détruits dans les sites d'immersion et de dragage. Il faut d'ordinaire plusieurs années pour ramener les niveaux de productivité des sites dragués et des sites d'immersion à un niveau comparable à ceux qui existaient avant les perturbations (Thomas et collab., 1985).

Les aménagements hydroélectriques menacent également la santé des écosystèmes côtiers de l'Arctique. On craint tout particulièrement que la modification du cycle du débit annuel des cours d'eau entraîne des changements du régime océanographique côtier (p. ex., température de l'eau, glace, salinité et turbidité), lesquels se répercuteraient sur les écosystèmes marins. Par exemple, les aménagements hydroélectriques et les changements dans le cycle du débit annuel de l'eau douce dans les eaux arctiques pourraient avoir des répercussions sur la formation et sur le transport des glaces flottantes, sur la productivité des algues de glace, qui sont importantes pour les larves de poissons, sur les habitudes alimentaires des populations de baleines et de phoques ainsi que sur la reproduction des phoques. La création de réservoirs entraîne aussi la libération du mercure des sols inondés et, par conséquent, la contamination du poisson et d'autres organismes aquatiques (voir le chapitre 3). Ces préoccupations ont trait aux aménagements hydroélectriques tant existants que proposés.

L'évacuation des eaux usées urbaines

Chaque jour, environ 200 millions de litres d'eaux usées non traitées sont évacuées dans le port de Halifax (Fournier, 1990). Les eaux usées urbaines sont une source majeure de contaminants dans le milieu marin. Règle générale, on mesure le potentiel de nocivité pour l'environnement de ces déchets par la demande biochimique en oxygène (DBO) et la concentration des matières solides totales en suspension (MSTS). La DBO résulte de la décomposition des déchets organiques et peut menacer la vie aquatique en réduisant la teneur en oxygène de l'eau. Les MSTS, qui incluent le sable, le gravillon et d'autres matériaux non biodégradables ainsi que les matières fécales humaines, peuvent altérer l'habitat benthique; de plus, les matières fécales peuvent donner lieu à une contamination par les coliformes fécaux.

À l'échelle nationale, depuis 1989, environ 47 % de la population côtière vivant dans des collectivités de 1 000 habitants ou plus est desservie par un système d'épuration primaire des eaux usées, 15 %, par un système d'épuration secondaire et moins de 1 %, par un système d'épuration tertiaire; les eaux usées de 38 % des habitants ne subissent aucun traitement (figure 4.4).

Le rejet de micro-organismes pathogènes dans le milieu marin a d'importantes incidences sur la santé et l'économie. Les bactéries rejetées dans les eaux usées urbaines ont contribué à la fermeture d'environ la moitié des zones coquillières sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique et sont aussi à l'origine de la fermeture des plages destinées à la baignade. Le ruissellement agricole est une autre source importante de ce type de contamination (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991).

Sur la côte de l'Atlantique, les charges de DBO et de MSTS sont restées relativement constantes entre 1983 et 1989. Sur la côte du Pacifique, elles ont augmenté par suite de la croissance de Vancouver et de Victoria (figure 4.5). En 1989, les niveaux de DBO étaient le plus élevés sur la côte du Pacifique (227 000 kg/j contre 142 000 kg/j sur la côte de l'Atlantique), tandis que les charges de MSTS étaient similaires sur les deux côtes (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991).

Les rejets des usines de pâtes et papiers

Les matières en suspension et la demande biochimique en oxygène

La production de pâtes et papiers génère de grandes quantités de déchets organiques. Le rejet de fibres ligneuses et d'autres matériaux réduit la teneur en oxygène de l'eau et peut étouffer les habitats benthiques.

Dans les provinces de l'Atlantique, 20 usines de pâtes et papiers sont situées sur la côte ou à proximité de celle-ci. La plupart sont des usines plus

anciennes construites sans installations adéquates pour le traitement des eaux usées (Waldichuk, 1988). En dépit d'une hausse d'environ 31 % de la production de pâtes et papiers entre 1970 et 1989, le recours à des équipements de dépollution et la modification des procédés de fabrication ont permis aux entreprises de réduire d'environ 25 % la DBO dans les eaux usées rejetées dans le milieu marin (figure 4.6). Pendant la même période, on a enregistré un recul de 41 % des MSTS rejetées dans l'océan par les usines de pâtes situées sur le littoral de l'Atlantique (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991).

Dix usines de pâtes et papiers rejettent des effluents dans les milieux côtiers et estuariens de la Colombie-Britannique. Entre 1970 et 1987, tandis que la production journalière de pâtes et papiers augmentait d'environ 19 %, les niveaux de DBO et les charges de MSTS diminuaient respectivement de 27 et 73 %, probablement en raison de l'installation de systèmes d'épuration primaire dans certaines usines (figure 4.7).

En 1987, les charges de MSTS et les niveaux de DBO dans les rejets journaliers des usines de pâtes et papiers étaient comparables sur les deux côtes (figures 4.6 et 4.7) (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). En Colombie-Britannique, une superficie d'environ 3 400 ha du fond océanique est contaminée par la fibre ligneuse rejetée par les usines côtières de pâtes (Wells et Rolston, 1991). Le rétablissement de l'habitat benthique pourrait prendre plusieurs décennies, car les gaz produits dans les couches de fibre accumulées sur le fond de la mer sont toxiques pour les organismes aérobies.

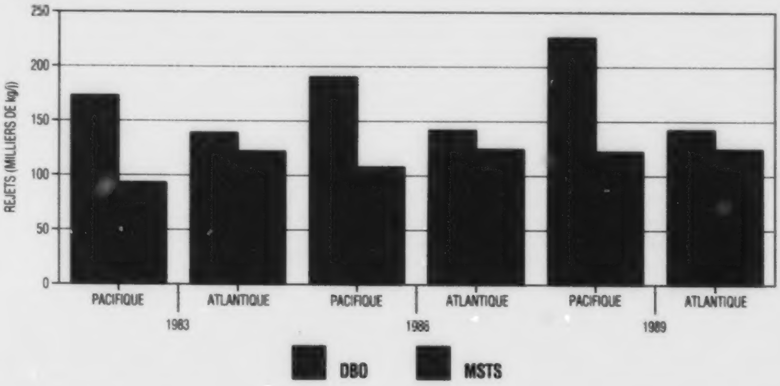
Dans l'inlet Alberni, sur l'île de Vancouver, l'épuisement de l'oxygène dans les eaux plus profondes a dangereusement entravé la montaison du saumon nerka (Waldichuk, 1987). De même, de grands stocks de poissons, à commencer par le saumon rose, pourraient avoir disparu durant l'exploitation de l'usine de pâtes au bisulfite de Port Alice dans l'inlet Neroutsos. Durant certaines périodes de l'année, environ 18 km du bras de mer sont impropres à la vie marine en raison de la forte diminution de l'oxygène dissous causée par la DBO. Il faudra attendre plusieurs années avant que ne reprenne la montaison d'une petite population de saumons ketas (environ 6 000). La qualité de l'eau dans l'inlet Neroutsos s'est améliorée de façon très nette par suite du traitement des déchets en 1977 mais elle a légèrement empiré en 1985; elle est actuellement stable (Wells et Rolston, 1991).

Les dioxines et les furanes

Les usines de pâtes et papiers et les industries connexes situées sur la côte du Pacifique sont également des

FIGURE 4.5

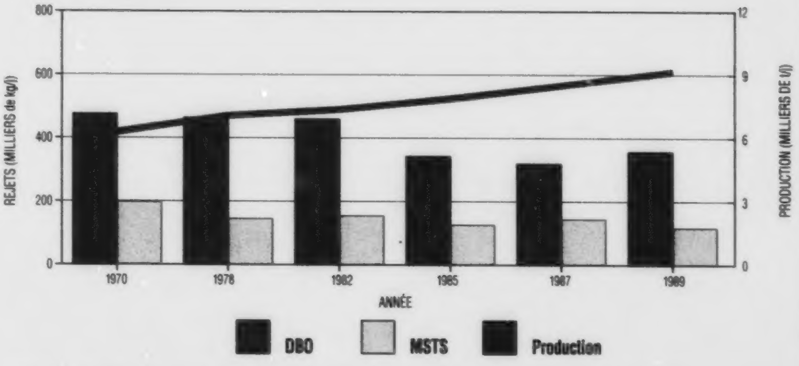
Demande biochimique en oxygène (DBO) et matières solides totales en suspension (MSTS) des eaux usées urbaines rejetées quotidiennement par les collectivités côtières de mille habitants et plus



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

FIGURE 4.6

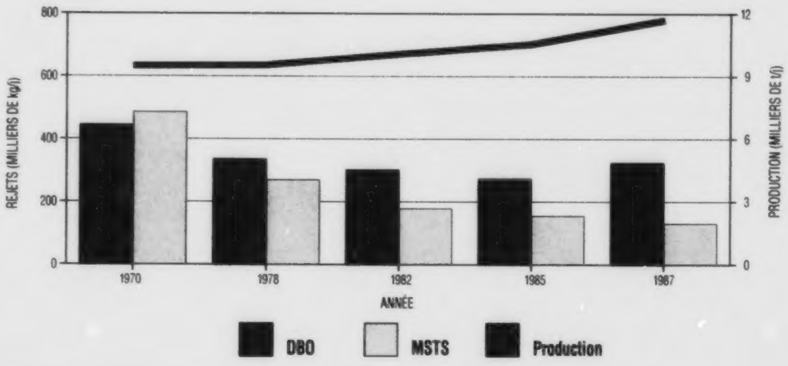
Demande biochimique en oxygène (DBO) et matières solides totales en suspension (MSTS) des eaux résiduaires rejetées quotidiennement par les usines de pâtes et papiers dans les eaux littorales de l'Atlantique



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

FIGURE 4.7

Demande biochimique en oxygène (DBO) et matières solides totales en suspension (MSTS) des eaux résiduaires rejetées quotidiennement par les usines de pâtes et papiers dans les eaux littorales du Pacifique



Source : Group de travail sur les indicateurs, 1991.

sources majeures de contaminants toxiques, notamment de dioxines et de furanes.

Les principales sources de ces produits chimiques hautement toxiques sont le chlore servant au blanchiment de la pâte dans les usines de pâtes et papiers et le pentachlorophénol servant à la préservation du bois dans l'industrie du sciage. Certaines zones de pêche sportive et commerciale (crabe, crevette rose, crevette grise et huître) ont été fermées en raison de ces contaminants. Avant août 1991, les zones fermées couvraient une superficie de 97 970 ha (environ 1 % du littoral de la Colombie-Britannique) répartie entre neuf sites adjacents à des usines de pâte et à une scierie côtières (figure 4.8). Les dioxines et les furanes se sont accumulés dans les tissus adipeux de ces crustacés et coquillages. On a également observé des concentrations élevées de ces substances dans le foie de certains échantillons de poisson et dans des œufs d'oiseaux de mer. En 1987, par exemple, la colonie de hérons de Crofton, située à proximité d'une usine de pâtes et papiers de la côte est de l'île de Vancouver, n'a produit aucun petit. Parallèlement, les teneurs en 2,3,7,8-TCDD — la forme la plus toxique de dioxine — des œufs de héron échantillonnés avaient augmenté à 210 ppt, de 66 ppt qu'elles étaient en 1986 (Elliott et collab., 1989). Santé et Bien-être social Canada a conseillé à la population de réduire sa consommation de deux espèces de canard (le grand bec-scie et la macreuse à front blanc) à proximité de l'usine de pâte de Port-Alberni, en raison des concentrations élevées de dioxines détectées dans le foie de ces oiseaux. Sept usines de la région de l'Atlantique emploient également un procédé de blanchiment au chlore et constituent une source potentielle de plusieurs milliers de tonnes de composés organochlorés chaque année (T.E. Ruthman et D. Haliburton, Environnement Canada, communication personnelle).

En réponse à l'inquiétude croissante que soulèvent les dioxines et les furanes chez le public, le gouvernement fédéral a mis sur pied un programme national d'échantillonnage en 1988. Actuellement, 48 usines canadiennes emploient le chlore pour le blanchiment de la pâte. Les règlements révisés sur les effluents des usines de pâtes et papiers établis en vertu de la *Loi sur les pêches* et les nouveaux règlements qui doivent être adoptés en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* prendront effet au début de 1992. Aux termes de ces règlements, les concentrations de dioxines et de furanes rejetés par les usines de pâtes doivent être si faibles qu'elles ne peuvent être détectées. Les nouvelles usines doivent se conformer à cette norme immédiatement et les usines existantes, d'ici 1994. Un autre règlement de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement limitera la vente et l'utilisation des agents anti-moussants et des copeaux de bois employés dans le procédé de fabrication du papier et qui sont à l'origine de la formation de dioxines et de furanes. Ces réformes seront pleinement en vigueur en 1994. Par ailleurs, en vertu des nouveaux règlements, les usines devront également réduire les charges de DBO et de MSTS dans le milieu marin. Les règlements fédéraux actuels limitant les rejets liquides des usines de pâtes et papiers s'appliquent uniquement aux usines construites, agrandies ou modifiées après 1971, soit à seulement 13 usines sur 154 (T.E. Ruthman et D. Haliburton, Environnement Canada, communication personnelle).

LES TYPES DE CONTAMINATION

Les contaminants peuvent s'introduire dans le milieu marin à partir d'un grand nombre de sources anthropiques, notamment les rejets industriels, les déversements, les polluants issus des opérations de mise en valeur des ressources pétrolières et gazières en mer et sur les côtes, les rejets d'eaux usées municipales, les eaux de ruissellement des zones agricoles et urbaines, l'immersion en mer et le transport atmosphérique à grande distance. Les six types importants de contaminants reconnus pour leurs effets néfastes sur la qualité de l'environnement marin au Canada sont les éléments nutritifs, les hydrocarbures, les HAP, les métaux lourds, les composés organochlorés synthétiques, de même que les déchets sauvages et les débris rémanents.

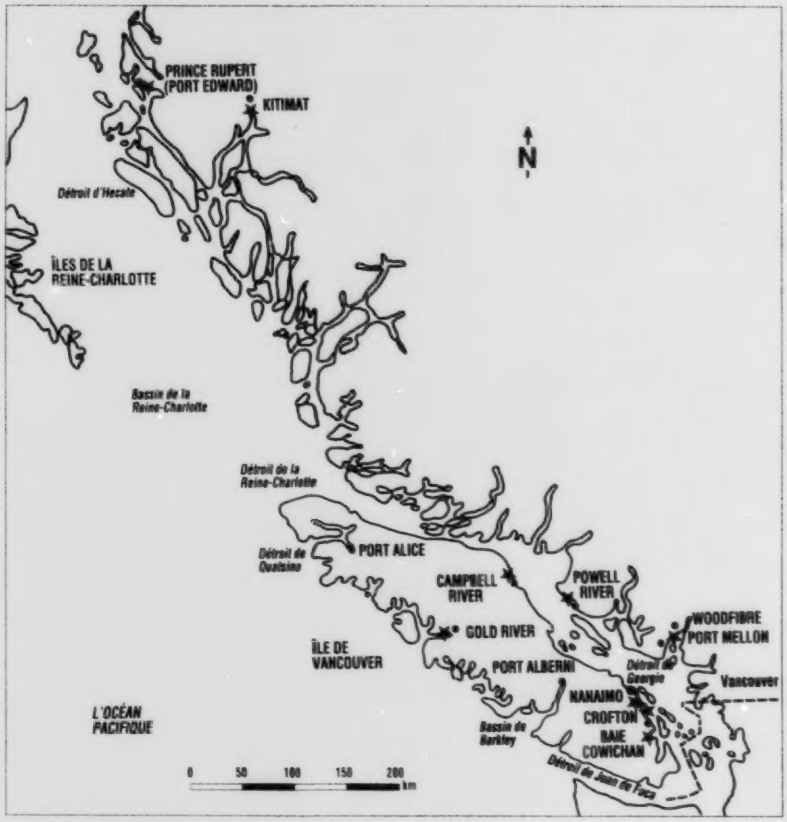
Les éléments nutritifs : l'eutrophisation et les toxines naturelles

Les éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore sont essentiels à la vie marine; cependant, ils deviennent un problème lorsqu'ils sont présents dans l'eau en quantités excessives. La décomposition des végétaux et des animaux, le lessivage provenant des roches et des sols et les dépôts atmosphériques sont des sources naturelles d'éléments nutritifs. Les sources anthropiques qui surchargent souvent le système naturel sont les eaux usées municipales, les engrais et les déchets d'origine animale dans les eaux de ruissellement, de même que les eaux usées industrielles, surtout de l'industrie de transformation des aliments.

L'eutrophisation se produit lorsque les teneurs élevées en azote et en phosphore provoquent une croissance excessive du phytoplancton et d'autres végétaux marins. Les végétaux qui meurent et se décomposent épuisent l'oxygène. Dans certains cas extrêmes, cet épuisement peut décimer les organismes marins. On a enregistré des taux élevés de mortalité du saumon dans les cours d'eau se jetant dans la baie Boundary en Colombie-Britannique, principalement du fait de la désoxygénation de l'eau résultant de la décomposition d'algues qui avaient proliféré par suite de la surabondance d'éléments nutritifs. Dans le détroit de Georgie, en Colombie-Britannique, la décomposition de quantités excessives de phytoplancton a causé la mort de stocks de poissons par asphyxie (Evelyn, 1972) et par irritation des branchies (Brett et collab., 1978; Pennell, 1988).

Lorsque les conditions sont propices à leur prolifération, certaines formes de phytoplancton produisent des toxines pouvant contaminer les crustacés et coquillages et les rendre impropres à la consommation humaine. Par exemple, l'intoxication paralysante par les mollusques est causée par des toxines de certaines espèces de dinoflagellés phytoplanctoniques. Bien que les

Emplacement des usines de pâtes et papiers et des zones fermées à la pêche commerciale des crustacés et coquillages en raison de la contamination par les dioxines le long de la côte de la Colombie-Britannique, 1990



- Usine n'utilisant pas un procédé de blanchiment au chlore
- Usines utilisant un procédé de blanchiment au chlore

★ Zones coquillières fermées en raison de la présence de dioxines

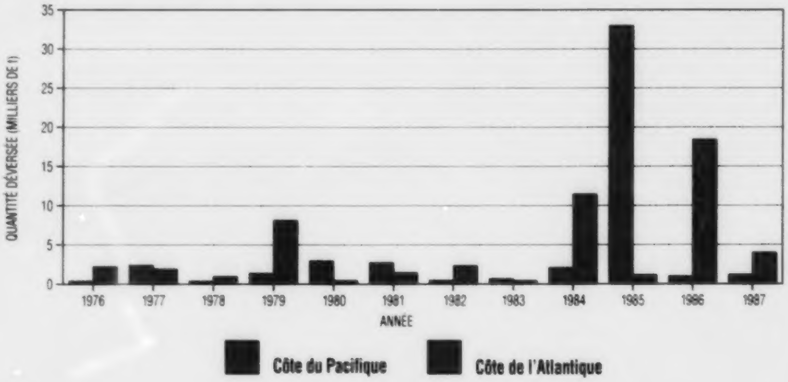
Source : M. Waldichuk, Pêches et Océans Canada, communication personnelle.

dinoflagellés existent à l'état naturel, la fréquence des cas d'intoxication paralysante semble augmenter, peut-être en raison de l'eutrophisation des écosystèmes marins côtiers (Waldichuk, 1988). La récente prolifération de dinoflagellés le long des côtes de la Gaspésie au Québec et la multiplication de cas d'intoxication paralysante qui l'a accompagnée peuvent avoir été causées par les substances nutritives rejetées par les émissaires d'évacuation le long du fleuve Saint-Laurent (Messieh et El-Sabh, 1988).

En novembre 1987, après avoir consommé des moules cultivées de l'île du Prince-Édouard, de nombreuses personnes ont été victimes d'une intoxication neurotoxique par les mollusques; la récolte de palourdes, dont la palourde américaine, de moules et d'huîtres de l'Atlantique a alors été interdite temporairement. Lorsque l'interdiction a été levée au début de janvier 1988, on avait signalé 129 cas d'intoxication et 2 personnes étaient mortes (Waldichuk, 1988). Les décès étaient attribuables à

FIGURE 4.9

Déversements importants[a] dans les eaux marines canadiennes, sauf l'Arctique, 1976–1987



[a] Un déversement important est supérieur à 1 t.
Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

une toxine, l'acide domoïque, produite par la diatomée *Nitzschia pungens* (Subba Rao et collab., 1988). La prolifération de *Nitzschia* dans les eaux de l'est de l'île du Prince-Édouard s'est produite lorsque les teneurs en éléments nutritifs étaient élevées, peut-être en raison du lessivage des engrais agricoles dans la mer, et que les conditions de croissance de la diatomée étaient idéales (Bates et collab., 1989).

Les déversements en mer

Entre 1976 et 1987, on a recensé 171 déversements importants (plus de 1 t) sur la côte atlantique du Canada (environ 52 000 t au total) contre 180 sur la côte du Pacifique (environ 48 000 t). Durant cette période, les volumes déversés sur ces deux côtes ont considérablement fluctué d'une année à l'autre; il n'y a aucune tendance nette à la hausse ou à la baisse[2] (figure 4.9).

Les hydrocarbures ont été en cause dans 67 % des déversements signalés sur la côte du Pacifique; sur la côte de l'Atlantique, la proportion est de 88 % (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). Sur le plan du volume, le pétrole et les déchets industriels représentaient respectivement 53 % et 44 % des matériaux déversés dans les eaux marines des provinces atlantiques entre 1976 et 1987. Les déversements se sont produits le plus souvent dans les ports, et les hydrocarbures et les produits chimiques (BPC et pesticides) venaient en tête de liste. Les navires et les réservoirs qui fuyaient étaient les principales sources de ces accidents (Eaton et collab., 1986).

Sur la côte du Pacifique, les déchets industriels constituaient 79 % de la quantité totale de matériaux déversés (environ 48 000 t) entre 1976 et 1987 (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). Entre 1980 et 1984, le transport comptait pour 12 % des déversements; l'industrie des pâtes et papiers, 8 %; la pêche, 6 %; et les industries pétrochimiques et pétrolières, 6 %. Environ 42 % des déversements signalés étaient d'origine inconnue. Le nombre de déversements signalés pour les usines de pâtes et papiers est passé de 4 à 92 entre 1984 et 1988 (Wells et Rolston, 1991), principalement en raison de l'amélioration des mécanismes de déclaration. En 1988, on a signalé 574 accidents sur la côte Ouest, la plupart mineurs (moins de 1 t). En 1990, ce nombre avait considérablement augmenté (Wells et Rolston, 1991). Un événement récent, l'accident du *Nestucca* survenu sur la côte Ouest, a eu des conséquences écologiques et économiques néfastes (voir l'encadré 4.1).

Le nombre de navires transportant des substances nocives ou toxiques constitue un problème majeur pour les ports et leurs approches, compte tenu en particulier de l'accident du *Nestucca*. D'après les statistiques des autorités du port de Vancouver, près d'un million de tonnes de produits pétrochimiques passent chaque année par Vancouver à destination de l'étranger. Outre les superpétroliers, environ 8 250 navires-citernes et chalands ont transité par le port en 1988 (Lyons, 1989).

Le trafic maritime, le ruissellement et les eaux usées des zones urbaines sont à l'origine de la plupart des déversements et des accidents ayant des incidences importantes pour l'environnement dans le golfe et dans l'estuaire du Saint-Laurent. Chaque année, environ 200 nappes de pétrole sont signalées dans la partie inférieure du fleuve et dans l'estuaire (entre Cornwall et l'île d'Anticosti). Entre 1980 et 1984, on a enregistré une moyenne de 54 déversements causés par des accidents maritimes, y compris des échouages et des collisions de navires (Wells et Rolston, 1991).

Les incidences de la pollution par les hydrocarbures

« Il existe trois opinions erronées au sujet des déversements accidentels d'hydrocarbures », a écrit le spécialiste John H. Vandermeulen (1990). « Premièrement, ces déversements peuvent être contenus. C'est faux. Deuxièmement, les lieux d'un déversement peuvent être nettoyés. Tout aussi faux. Troisièmement, les milieux ainsi pollués sont condamnés. Encore faux. »

Cela dit, les marées noires causent des dégâts, du moins à court terme. Les oiseaux de mer s'y engluent et leurs plumes perdent alors leur pouvoir isolant. Le vol consomme plus d'énergie et la nage et la plongée deviennent difficiles. « On constate un affaiblissement

[2] Il est difficile d'interpréter les statistiques sur les déversements puisque, depuis quelque temps, on tend à déclarer plus fréquemment les déversements de moindre importance.

qui se solde habituellement par la mort de l'oiseau », conclut R.G.B. Brown, un biologiste des oiseaux de mer, dans « Les oiseaux, le pétrole et l'environnement canadien » (Environnement Canada, 1982).

De grandes quantités d'hydrocarbures sont déversées lors d'accidents mettant en cause des pétroliers — par exemple, l'échouage de l'*Exxon Valdez* —, mais les petits déversements chroniques, les rejets intentionnels en haute mer et les fuites associées au forage en mer, à la navigation maritime[3], au trafic des petits bateaux et au stockage et à la manipulation de produits pétrochimiques sont également des sources majeures de pollution marine. Par ailleurs, le lavage des rues et des terrains de stationnement transporte les hydrocarbures jusque dans la mer. L'essence et les produits pétroliers consommés par les automobiles sont parfois jetés à l'égout puisque beaucoup de villes et de villages n'ont pas d'installations adéquates de réception de ces déchets. Les pêcheurs et les navigateurs de plaisance éprouvent également des difficultés à se débarrasser des déchets huileux à terre et trouvent souvent pratique d'utiliser l'océan comme décharge.

On admet généralement que les effets immédiats de la pollution par les hydrocarbures sont plus ou moins localisés. Au nombre des impacts à proximité des sources ou des déversements majeurs, on note les effets toxiques directs sur les animaux et les végétaux, l'asphyxie des habitats du littoral et du benthos, l'altération de la chair des stocks de poissons d'intérêt commercial et la destruction des oiseaux de mer. Par exemple, selon une estimation prudente (Piatt et collab., 1985), les marées noires au large des côtes de Terre-Neuve tuent chaque année entre 20 000 et 100 000 oiseaux de mer.

D'après le Groupe international d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine (1990), les concentrations d'hydrocarbures dans la mer sont généralement trop faibles, sauf dans le voisinage immédiat des sources ou des déversements majeurs, pour constituer une menace directe pour les organismes marins. Cependant, on comprend encore mal les incidences à long terme de la pollution par les hydrocarbures et le processus de récupération des habitats mazoutés, en particulier dans les régions arctiques (voir le chapitre 15).

Un des premiers déversements majeurs d'hydrocarbures au Canada a eu lieu en février 1970, lorsque le pétrolier *Arrow* s'est échoué dans la baie de Chedabucto (Nouvelle-Écosse) avec une pleine cargaison de mazout C (une fraction lourde du pétrole brut employée pour le chauffage des usines), répandant environ 15 000 t de ce produit dans l'océan. Les analyses récentes ont porté principalement sur la rémanence à long terme et sur les incidences écologiques potentielles du goudron et d'autres résidus du pétrole d'origine en un site d'étude particulier, le lagon Janvrin. Le littoral a été fortement mazouté en 1970 et, depuis, des reflets de pétrole y sont encore visibles par les chaudes journées d'été. Les scientifiques qui se sont rendus sur place ont noté la présence de goudron de mazout C identifiable sur les rivages du lagon, des hydrocarbures

[3]« La plupart des déversements d'hydrocarbures dans les océans du monde sont la conséquence d'une décision délibérée du capitaine du navire, et non d'un accident. Ces déversements intentionnels sont causés par le pompage d'eau de cale mélangée à du mazout ou à de l'huile de lubrification qui a fui, ou par le rejet d'eaux de lest contenant des quantités résiduelles de mazout, ou encore par l'évacuation des eaux de lavage des réservoirs d'hydrocarbures ou de cargaison. Règle générale, ces opérations ont lieu en haute mer. On en ignore les effets à long terme. Le pétrole n'atteint habituellement pas les côtes et ces rejets passent inaperçus; il arrive toutefois qu'ils échouent sur notre littoral » (Anderson, 1989).

ENCADRÉ 4.1

La marée noire du *Nestucca*

En décembre 1988, au large de la côte de l'État de Washington, alors que le remorqueur *Ocean Service* tentait de récupérer le chaland *Nestucca* qu'il remorquait, les deux bateaux sont entrés en collision. La coque du *Nestucca* a été percée et sa cargaison de mazout C a commencé à se répandre dans la mer. Le chaland a été remorqué à environ 40 km au large pour y subir des réparations temporaires, mais il n'en a pas moins laissé dans son sillage une traînée d'environ 875 t de pétrole.

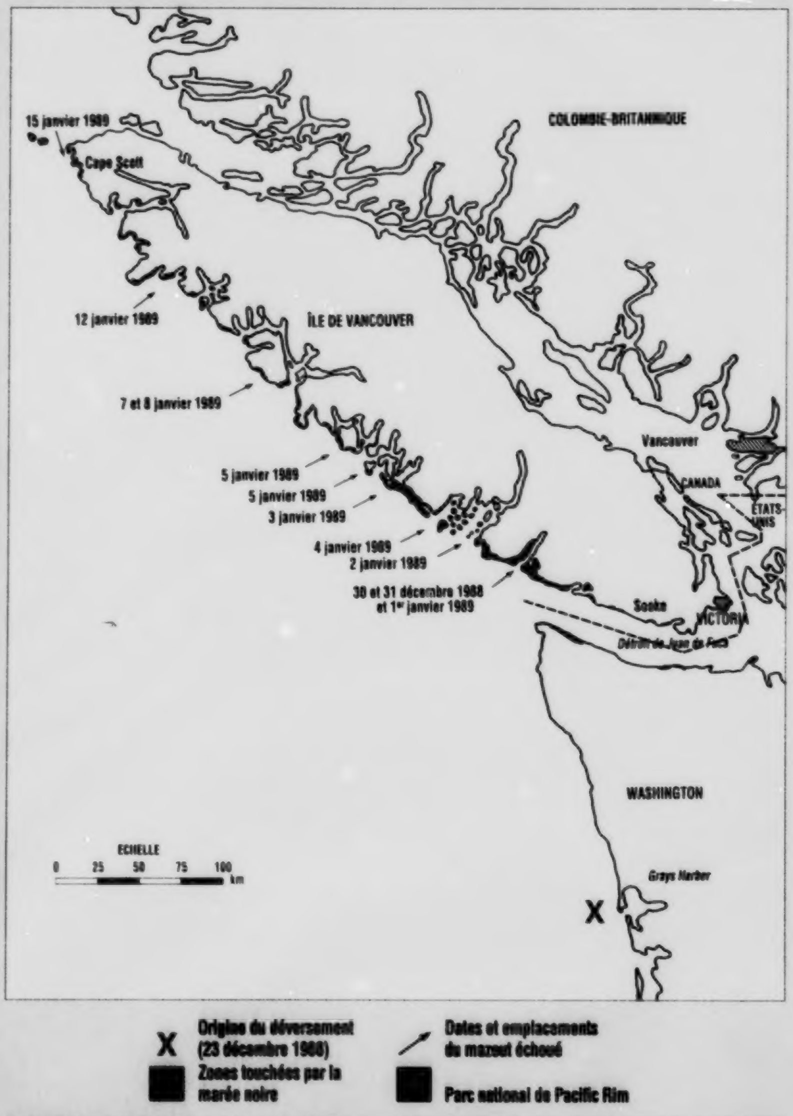
Les courants marins ont transporté la nappe vers le nord sur des centaines de kilomètres, mazoutant certaines parties de la côte de l'État de Washington, puis de l'île de Vancouver. Le pétrole s'est échoué en différents endroits, y compris la pointe sud de l'île, les environs de Sooke et la partie nord du cap Scott. Le mazoutage a été jugé grave sur environ 2 ou 3 km et modéré ou léger sur 150 km (figure 4.E1).

La destruction de quelque 46 000 oiseaux de mer en Colombie-Britannique et dans l'État de Washington a été l'impact le plus visible de la marée noire du *Nestucca*. On a trouvé des oiseaux morts tout le long de l'île de Vancouver, de Sooke au cap Scott, y compris le littoral du parc national de Pacific Rim. Les plages de sable ont été faiblement contaminées mais de façon généralisée; les plantes de la zone intertidale ont été détruites ou endommagées et l'habitat des marais salants a été mazouté. On s'inquiétait également des dommages subis par les frayères d'espèces économiquement importantes, comme le hareng, ainsi que des effets sur le saumon et les poissons de fond.

La marée noire causée par le *Nestucca* et les accidents similaires comme la fuite beaucoup plus considérable de l'*Exxon Valdez* en Alaska en 1989, ont avivé les craintes suscitées par les accidents de navigation ainsi que les doutes quant aux capacités du Canada de prévenir de tels accidents et d'intervenir efficacement. Il en est résulté deux importantes initiatives : un examen fédéral interne des capacités de prévention et d'intervention du Canada et un examen public indépendant (ce dernier examen a fait l'objet d'un rapport qui a été diffusé en septembre 1990). La mise en œuvre des recommandations des responsables de l'examen constitue un défi de taille pour tous les organismes canadiens chargés de la gestion des régions ou des ressources marines.

FIGURE 4.21

Zones touchées par la marée noire du *Nestucca*



Source : Duval et collab., 1989; Harding et Englar, 1989.

de ce goudron étant encore mobiles et disponibles pour le biote intertidal. Ce pétrole vieux de 20 ans et recouvert de sédiments pourrait persister encore pendant une décennie, quoique sa toxicité diminue régulièrement (John H. Vandermeulen, Institut d'océanographie de Bedford, communication personnelle).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Parmi les différents produits chimiques qui contaminent le béluga du Saint-Laurent figurent les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), découverts dans les tissus cérébraux de ces animaux (Wells et Rolston, 1991). Les HAP sont un groupe d'hydrocarbures présents dans le pétrole, mais ils peuvent provenir d'autres sources naturelles. Ils s'introduisent dans le milieu marin de diverses façons : les fuites et les déversements de pétrole, en particulier lors du forage en mer et des accidents de pétroliers; le ruissellement, le lessivage et l'évacuation des effluents du raffinage; et le transport dans l'atmosphère sous forme de sous-produit de la combustion incomplète des hydrocarbures non gazeux (Conseil national de recherches du Canada, 1983).

Les composés d'HAP de poids moléculaire plus élevé peuvent s'accumuler dans les tissus adipeux des organismes marins. Chaque espèce absorbe chaque composé d'HAP à son rythme propre; aussi, les effets sur la santé varient. Chez le poisson, les HAP peuvent causer une augmentation du volume du foie et entraver la reproduction (Conseil national de recherches du Canada, 1983).

Les alumineries situées sur le Saguenay ont contribué aux concentrations élevées de plomb, de zinc, de mercure et d'HAP dans les sédiments (Martel et collab., 1986; Smith 1988). On a observé des concentrations élevées d'HAP chez la moule et le béluga du golfe du Saint-Laurent (Waldichuk, 1988). Les teneurs des sédiments restent élevées, même si l'application des règlements fédéraux s'est traduite par une réduction des apports de contaminants au cours des 10 dernières années.

Dans le port de Vancouver, on a observé de fortes concentrations de contaminants sédimentés tels que les HAP et certains métaux traces (Goyette et Boyd, 1989). C'est dans le bras Port Moody que l'on a observé les teneurs en HAP les plus élevées. En 1987, jusqu'à 75 % des soles anglaises plus grosses (longueur moyenne de 32 cm) échantillonnées à cet endroit présentaient des lésions précancéreuses et cancéreuses du foie. Sur la base des études effectuées par Malins et collab. (1984) et Myers et collab. (1987) dans le détroit Puget (État de Washington), on a conclu qu'il pourrait exister un lien entre

les HAP présents dans les sédiments et le grand nombre de lésions hépatiques chez la sole anglaise.

Les teneurs en HAP dans le port de Tuktoyaktuk ont été assez élevées pour être reconnues comme l'une des principales causes des lésions du foie chez la plie arctique (Thomas et Hamilton, 1988). Tuktoyaktuk a connu de nombreux déversements mineurs de pétrole et d'autres déchets. Vu l'importance de cette région pour la pêche de subsistance, on s'inquiète des impacts à long terme sur le poisson (Wells et Rolston, 1991).

Les métaux lourds

Les métaux lourds sont présents dans le milieu marin tant à l'état naturel que par suite des activités humaines. Bon nombre d'entre eux sont essentiels à la vie mais d'autres tels le plomb, le mercure (sous forme de méthylmercure, un composé organique) et le cadmium n'assurent aucune fonction métabolique connue et peuvent en fait être hautement toxiques.

Les sources de pollution par les métaux incluent la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières en mer, les effluents industriels, les rejets d'eaux usées urbaines, les installations minières et de chargement, l'immersion en mer et les émissions de composés volatils produits par l'incinération et par la combustion, qui sont transportés dans l'atmosphère jusqu'à l'océan. Dans les sédiments, les métaux traces sont généralement liés sous forme inorganique aux particules de roches provenant de l'érosion des falaises ou du versant des montagnes. Cependant, dans nombre de milieux estuariens, les métaux traces peuvent précipiter sous la forme de composés organiques et deviennent alors biodisponibles (Moore et Ramamoorthy, 1984). Dans la plupart des études environnementales, on ne mesure que les concentrations totales de métaux (p. ex., le mercure inorganique plus le méthylmercure); on ignore donc quelle est la fraction biodisponible. De plus, la bioaccumulation et la tolérance de concentrations données de métaux différents varient considérablement chez les êtres humains et les autres organismes.

D'après les résultats de recherches menées en Colombie-Britannique, les invertébrés qui vivent en étroite association avec des sédiments organiques contenant des concentrations élevées de métaux traces peuvent incorporer ces derniers dans leurs tissus (Kay, 1986); par la suite, ces métaux peuvent passer — ou ne pas passer — dans la chaîne alimentaire et parvenir aux prédateurs du sommet de la chaîne, notamment les espèces commerciales de poisson (Wells et Rolston, 1991).

Les résidus miniers sont une des sources de métaux lourds dans le milieu marin. L'habitat benthique a été asphyxié sur une superficie d'environ 8 340 ha par des résidus non toxiques provenant des mines côtières de la Colombie-Britannique, dont la plupart sont à présent fermées. Cependant, une mine côtière (Island Copper Mine) est toujours en exploitation et les résidus qu'elle rejette dans les eaux de l'inlet Rupert, sur la côte nord-ouest de l'île de Vancouver, ont asphyxié les communautés benthiques sur des dizaines de kilomètres autour du point de rejet (Wells et collab., 1987).

Heureusement, on sait que les écosystèmes exposés aux résidus non toxiques de mines se rétablissent assez rapidement. Par exemple, le benthos de la région du bras Alice a commencé à se rétablir quelques années après la fermeture d'une mine; toutefois, la composition des communautés benthiques s'est modifiée et les espèces privilégiant les substrats de fond meubles, comme la boue ou les sédiments meubles, sont devenues prédominantes (Brinkhurst et collab., 1987).

L'exploitation de fonderies dans la région de l'Atlantique a créé des zones localisées de pollution par les métaux. Par exemple, dans les années 1970, la fonderie de plomb située près de Belledune (Nouveau-Brunswick) a été la cause de la pollution par le cadmium (Waldichuk, 1988) ayant entraîné la fermeture d'une zone de pêche au homard et contaminé des moules jusqu'à 20 km plus au sud, le long de la côte (Hildebrand, 1984). Cependant, depuis 1981, les concentrations de métaux dans les effluents liquides ont été réduites de 97 % grâce à un système amélioré de traitement (Uthe et collab., 1986).

Les mines de charbon du Cap-Breton rejettent leurs eaux usées et leurs eaux de ruissellement directement dans les eaux du littoral (Eaton et collab., 1986). En raison de la teneur élevée en soufre du charbon, les eaux usées sont très acides; les métaux deviennent ainsi plus solubles, ce qui peut favoriser leur bioaccumulation dans la faune benthique (Waldichuk, 1988).

On a attribué la contamination par le mercure du biote et des sédiments marins aux rejets des usines de chlore-alkalis au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et en Colombie-Britannique (Smith, 1985; Allan, 1988; Loring, 1988). Cependant, depuis l'adoption en 1972 de règlements limitant les émissions de mercure dans le milieu marin, les concentrations de ce métal ont diminué (Wells et Rolston, 1991). Cossa et Desjardins (1984) signalent que les concentrations de mercure dans les crustacés et coquillages de la rivière Saguenay sont vingt fois moins élevés que dans les années 1970. Cependant, les concentrations de mercure sont toujours élevées dans les sédiments de fond de l'estuaire du Saint-Laurent et des rivières Saguenay et Restigouche.

Dans les installations minières de la baie Polaris (île Cornwallis) et de Nanisivik (île de Baffin) dans les Territoires du Nord-Ouest, on a enregistré des concentrations élevés de zinc et de plomb près des points de rejet et des quais. Par ailleurs, on a détecté de fortes concentrations de mercure, de plomb, de zinc, de cadmium, de nickel et de cuivre près des sites des puits sous-marins de prospection pétrolière, bien qu'il soit d'ordinaire impossible de faire la distinction entre les concentrations et les niveaux de fond à 100 m des puits, selon les courants locaux (Thomas et collab., 1984; Barchard et Mahon, 1986).

Les composés organochlorés synthétiques

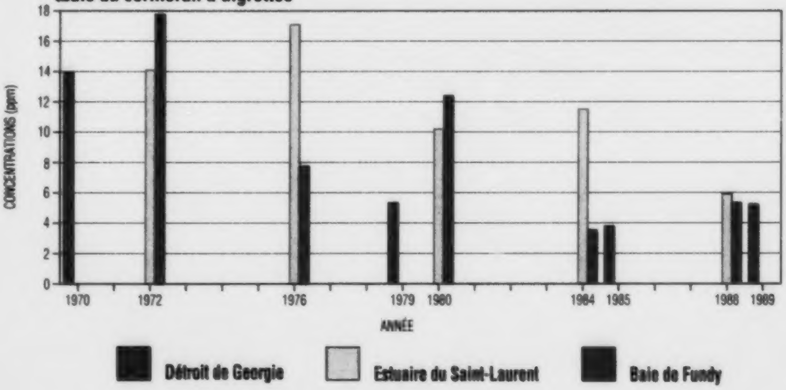
Les concentrations de BPC mesurées dans les bélugas du Saint-Laurent sont comparables à celles que l'on trouve chez les mammifères marins d'Europe ayant subi une détérioration de leurs fonctions reproductives et une diminution de leurs effectifs (Wagemann et Muir, 1984). Les bélugas se nourrissant d'une variété d'aliments, notamment de poissons et d'invertébrés, ils ont accumulé des concentrations élevées de produits chimiques organochlorés en ingérant des proies contaminées (D. Muir, Pêches et Océans Canada, communication personnelle).

Les composés organochlorés synthétiques s'introduisent dans les eaux marines par le ruissellement agricole, les émissaires d'évacuation, les eaux usées des usines de pâtes et papiers et d'autres industries et les déversements sur terre ou en mer. En outre, par le transport atmosphérique, ils parviennent jusqu'aux eaux canadiennes depuis des sources aussi éloignées que l'Europe et l'Asie. Le DDT, les BPC et le toxaphène sont généralement les composés organochlorés les plus courants dans le milieu marin. Mentionnons également les dioxines et les furanes (déjà abordés), les pesticides mirex, dieldrine, chlordane et tributylétain (ce dernier composé est ajouté aux peintures antisalissure qui empêchent la croissance d'organismes sur la coque des navires). Parmi les effets potentiels des composés organochlorés sur la vie marine, mentionnons le ralentissement de la croissance, une reproduction réduite et une résistance moins grande aux maladies (Organisation de coopération et de développement économiques, 1991).

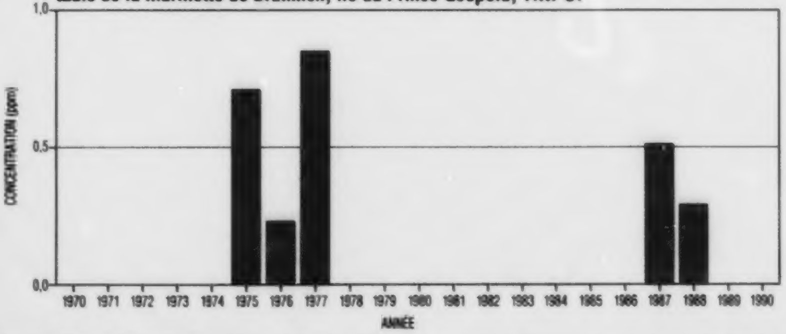
FIGURE 4.10

Concentrations de BPC dans les œufs des oiseaux de mer sur les côtes de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Arctique durant certaines années choisies entre 1970 et 1989

Œufs du cormoran à aigrettes



Œufs de la marmette de Brünnich, île du Prince-Léopold, T.N.-O.



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

Il existe plusieurs sources de composés organochlorés le long de la côte de l'Atlantique. Dans les années 1950 et 1960, des quantités appréciables de DDT ont été pulvérisées sur les forêts : environ 5,7 millions de kilogrammes de ce pesticide ont été utilisés chaque année au Nouveau-Brunswick et des quantités moindres au Québec, sur l'île du Prince-Édouard et en Nouvelle-Écosse (Noble et Elliott, 1986). Sous la pression de l'opinion publique, l'utilisation du DDT a été considérablement restreinte au Canada au début des années 1970, et sa vente et son utilisation sont interdites depuis le 1er janvier 1991. Au cours des années 1980, on a mis au point des produits chimiques plus sélectifs et moins rémanents tout en privilégiant de plus en plus le recours aux biopesticides, notamment la bactérie pathogène *Bacillus thuringiensis* (voir le chapitre 10).

La côte de l'Atlantique reçoit encore des apports substantiels de composés organochlorés et d'autres contaminants, en raison du transport atmosphérique à grande distance des polluants émis par les principales régions industrielles et agricoles des États-Unis et du Canada. Le fleuve Saint-Laurent, qui accumule les eaux de ruissellement des terres agricoles et les eaux usées des industries situées sur ses rives, déverse une grande quantité de ces produits toxiques dans l'Atlantique (Noble et Elliott, 1986).

La pollution atmosphérique de l'Asie, de l'Europe et de l'Amérique du Nord atteint l'océan Arctique; les cours d'eau et les courants marins sont également des voies importantes de transport des polluants. Lors d'études menées sur les poissons et les mammifères arctiques, Norstrom et Muir (1988) ont

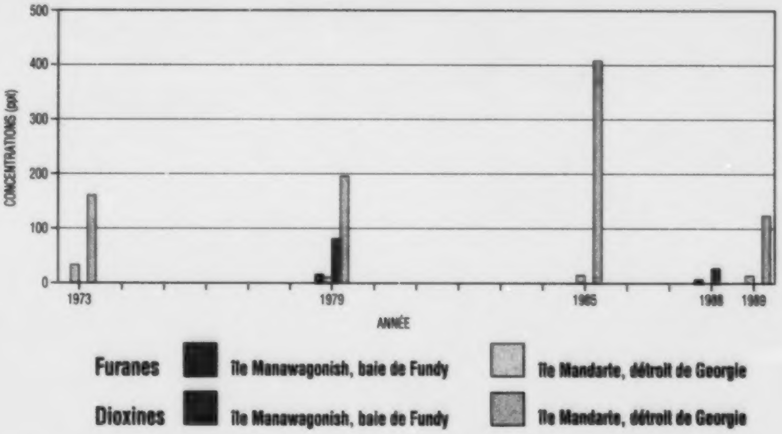
constaté que les concentrations de composés organochlorés étaient le plus élevées dans les échantillons de la baie d'Hudson et le plus faible dans le Haut-Arctique, ceux de la baie de Baffin étant de niveau intermédiaire. Entre 1969 et 1984, les concentrations de chlordane dans les tissus adipeux de l'ours blanc ont quadruplé tandis que les concentrations de DDT sont restées stables (Norstrom et collab., 1988).

En raison de la bioaccumulation, ces produits chimiques toxiques peuvent non seulement être dangereux pour les animaux sauvages au sommet de la chaîne alimentaire marine, mais aussi constituer une menace pour les humains qui consomment ces animaux. Des études récentes sur les concentrations de BPC dans les aliments consommés par les résidants de l'île Broughton ont montré que 13,6 % des membres de la population échantillonnée qui ont signalé consommer des aliments inuit absorbaient plus que la dose journalière admissible conditionnelle de BPC, établie par Santé et Bien-être social Canada à 1 µg par kilogramme de poids corporel (Jensen, 1990) (voir le chapitre 15 et l'encadré 15.2). Les mammifères marins riches en matières grasses, en particulier le phoque, le narval et d'autres baleines, jouent un rôle important dans l'alimentation des autochtones et sont vraisemblablement la source prédominante de BPC dans les tissus humains (Wells et Rolston, 1991).

Dans le cadre des études sur la bioamplification des contaminants toxiques dans la chaîne alimentaire, on a recours à diverses espèces d'oiseaux de mer comme indicateurs. Les concentrations de produits chimiques toxiques tels les BPC et le DDT dans les œufs fournissent de précieuses indications sur les niveaux de contamination de l'ensemble du milieu marin. Les figures 4.10 et 4.11 montrent l'évolution des concentrations de contaminants dans les œufs de deux espèces d'oiseaux de mer prélevés à différents endroits sur les côtes. D'après les concentrations de composés organochlorés mesurées dans les œufs d'oiseaux de mer de l'estuaire du Saint-Laurent, cette région demeure l'une des plus contaminées au Canada, suivie de la baie de Fundy, du détroit de Georgie et de la côte ouest de l'île de Vancouver. Les concentrations de résidus de composés organochlorés dans les œufs d'oiseaux de mer à Terre-Neuve, dans l'archipel Arctique et le long de la côte septentrionale de la Colombie-Britannique sont relativement faibles en comparaison (Noble, 1990).

FIGURE 4.11

Concentrations de dioxines et de furanes dans les œufs du cormoran à aigrettes sur les côtes est et ouest durant certaines année choisies entre 1973 et 1989



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

Les déchets sauvages et les débris persistants

Chaque année, les produits de plastique jetés ou perdus causent la mort de quelque 2 millions d'oiseaux de mer et de 100 000 mammifères marins, par emmêlement ou par ingestion (Conner et O'Dell, 1988). La situation des phoques, des oiseaux de mer, des tortues marines et des poissons qui, souvent, meurent emprisonnés et emmêlés dans les débris de plastique et les filets de nylon est une condamnation claire de la société du prêt-à-jeter, mais nous jetons toujours plus de plastiques durables chaque année.

La quantité de déchets sauvages dans les océans augmente en raison de la croissance démographique et d'une utilisation accrue du plastique, en particulier dans les produits jetables. Les matières plastiques sont conçues pour être robustes, légères et durables. Toutefois, à cause de leur persistance et de leur flottabilité, elles représentent une proportion croissante des débris que l'on trouve dans le milieu marin.

Selon les études menées sur l'accumulation de déchets sauvages sur l'île de Sable, à 160 km au large des côtes de la Nouvelle-Écosse, les matières plastiques représentent près de 94 % du volume total de déchets sauvages (Z. Lucas, entrepreneur privé, Halifax, communication personnelle). Les débris de plastique et les filets de pêche perdus ou abandonnés peuvent constituer des pièges pour les organismes marins. Selon Piatt et Nettleship (1987), la pêche commerciale au large de Terre-Neuve provoque accidentellement la mort de phoques du Groenland, de marsouins communs et de phoques communs. Dans l'Arctique, les camps de chasse et de pêche et la navigation sont les principales sources de débris de plastique. Les couches jetables, les barils d'huile vides, les sacs à ordures, les porte-cannettes de bière et les cartouches de

fusil de chasse usées sont fréquents dans les rebuts domestiques que l'on trouve dans les eaux littorales arctiques (Buxton, 1989).

Le problème des débris de plastique a d'autres conséquences économiques pour la pêche commerciale et les autres activités maritimes. Par exemple, les coûts et le temps requis pour la réparation des bateaux et des engins peuvent être considérables. Selon une étude japonaise, il en coûte 70 millions de dollars par année pour réparer les dommages causés par les débris qui bloquent le système de refroidissement des navires ou qui se prennent dans les hélices (Takehama, 1989, cité dans Buxton, 1989). L'industrie touristique côtière est également menacée lorsque les plages sont souillées par les déchets sauvages.

LE CHANGEMENT ATMOSPHÉRIQUE

Composantes majeures de l'écosphère, les océans et l'atmosphère sont inextricablement liés, principalement par des phénomènes d'échange de chaleur et de gaz. Les océans absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère (voir le chapitre 22), ce qui en fait le plus grand réservoir de carbone dans le cycle global du carbone. Ainsi, les changements au niveau des propriétés et de la composition de l'atmosphère ont des répercussions sur les océans. On assiste actuellement à d'importantes transformations : une augmentation des concentrations des gaz à effet de serre, surtout du dioxyde de carbone, un réchauffement général de l'atmosphère près de la surface de la Terre et une diminution des concentrations d'ozone stratosphérique.

Le dioxyde de carbone

Les océans semblent absorber la moitié environ des 6 à 7 milliards de tonnes de carbone produites chaque année par la combustion des combustibles fossiles et par le déboisement. Selon leurs caractéristiques océanographiques physiques et leur productivité primaire, certaines régions océaniques produisent du dioxyde de carbone tandis que d'autres l'absorbent. Les océans échangent environ 15 fois plus de dioxyde de carbone que les activités humaines n'en produisent annuellement et stockent environ 50 fois plus de carbone que l'atmosphère (Williamson et Gribbin, 1991).

On n'a qu'une compréhension bien générale de la façon dont les océans recyclent le carbone; ainsi, on ne connaît pas de façon suffisamment détaillée tous les procédés en cause et les rythmes de transformation entre les divers réservoirs océaniques où se trouve emmagasiné le carbone pour pouvoir prédire avec plus de précision l'ampleur du réchauffement global. Le carbone pénètre dans l'océan par échange gazeux à l'interface air–eau et il y est transporté à l'état organique et inorganique dissous par les cours d'eau. Une partie de ce carbone est intégrée dans la chaîne alimentaire marine par l'action de plantes microscopiques. Par ailleurs, une fois dans l'océan, le carbone est transporté des couches superficielles vers les couches profondes de deux façons : la descente des eaux de surface contenant du carbone organique ou inorganique dissous et la descente de particules d'origine biologique depuis la surface jusqu'aux couches profondes de l'océan. Ces échanges peuvent prendre des années ou même des centaines d'années, selon le procédé en cause. L'océan réagit aux quantités plus grandes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère en augmentant les quantités de dioxyde dissous, ce qui fait que, à la longue, de plus en plus de dioxyde est transporté vers les fonds océaniques. Les scientifiques canadiens participent à un projet international, la Joint Global Oceans Flux Study, qui vise à jeter plus de lumière sur le rôle des océans dans le cycle global du carbone.

Parmi les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques en 1987, le Canada vient au troisième rang des grands producteurs d'émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre par habitant. Globalement, les émissions de dioxyde de carbone d'origine anthropique ont plus que triplé depuis 1950 et ce phénomène met en cause les grandes régions du monde. Le Canada a récemment fait part de son intention de stabiliser aux niveaux de 1990 les émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre d'ici l'an 2000 (Environnement Canada, 1991).

L'élévation de la température

Depuis 1900 environ, les températures atmosphériques moyennes ont augmenté de quelque 0,5 °C dans le monde. Selon les conclusions récentes d'un groupe intergouvernemental d'experts, elles pourraient s'élever encore de 1 °C d'ici 2025 et de 3 °C d'ici 2100 si l'on ne prend pas des mesures énergiques pour limiter l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone. On prévoit que le réchauffement sera le plus prononcé sous les hautes latitudes. Cependant, nos connaissances du climat arctique, surtout au-dessus de l'océan, sont limitées. Les indications d'une élévation des températures océaniques proviennent surtout de la côte du Pacifique. Depuis 1915, on procède à des mesures journalières de la température de surface à plusieurs endroits des côtes de la Colombie-Britannique. Dans les stations de mesure exposées directement à l'océan Pacifique, on a enregistré des tendances au réchauffement équivalant à 0,4 °C par siècle (Freeland, 1990).

Cette hausse peut sembler minime, mais il ne faut pas sous-estimer les conséquences d'une telle tendance si elle se maintient. Un déplacement des eaux océaniques plus chaudes vers le nord aurait des répercussions écologiques et économiques majeures. Par exemple, les stocks de saumons rouges du fleuve Fraser se trouvent maintenant à la limite méridionale de l'aire de répartition géographique de cette espèce. Le réchauffement de la planète pourrait également provoquer un réchauffement général et un rafraîchissement des eaux du plateau continental dans l'est du Canada, donnant lieu à une redistribution géographique de plusieurs stocks de poissons de

fond commercialement importants, et tout particulièrement ceux qui se trouvent à l'extrême limite de leur aire de répartition (Frank et collab., 1988). Les espèces pélagiques qui entreprennent de grandes migrations saisonnières pourraient alors arriver plus tôt et repartir plus tard (Mysak et Lin, 1990).

L'élévation du niveau de la mer

Les scientifiques s'accordent pour dire que le réchauffement de la planète conduirait à une hausse du niveau de l'océan par suite de la dilatation thermique de l'eau et de la fonte des glaciers. Déjà, le niveau de la mer augmente en moyenne de 10 à 20 cm par siècle. Un nouveau réchauffement pourrait le faire monter encore de 20 cm en 2030 et de 65 cm en 2100, quoique l'ampleur varierait sensiblement d'une région à l'autre (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990).

Cette élévation du niveau de la mer se traduirait par des inondations plus nombreuses dans les basses terres, notamment à Charlottetown, à l'Île-du-Prince-Édouard (Timmerman et Grima, 1988). L'érosion côtière augmenterait dans certaines régions de l'ouest du Canada et le littoral pourrait même être amputé de 5 m par an (Yuen, 1990). Selon un rapport décrivant les effets possibles de la hausse du niveau de la mer sur la ville de Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, les quartiers résidentiels pourraient être inondés et les bassins d'épuration des eaux usées et de traitement des déchets industriels pourraient déborder (Martec Ltd., 1987). Les effets écologiques et économiques de telles inondations pourraient être énormes. Cependant, compte tenu des lacunes des modèles actuels des climats du globe, il est difficile de prédire l'ampleur des impacts (voir le chapitre 22).

Dans l'Arctique, l'élévation du niveau de la mer toucherait manifestement les basses terres comme le delta du Mackenzie. On prévoit que le réchauffement accroîtra la fonte du pergélisol (Lester et Myers, 1989). À l'évidence, cette fonte créerait des dépressions, provoquerait des inondations le long de la côte arctique et aurait des incidences sur l'habitat des oiseaux de rivage, de la sauvagine et de la faune en général. Selon Harrington (1986), le nombre de poissons et de phoques du Groenland augmenterait, tandis que l'aire de répartition des morses et des baleines boréales s'étendrait plus au nord. Les phoques annelés et les phoques barbus se déplaceraient également vers le nord; leur nombre s'accroîtrait et leur aire de répartition s'étendrait. Les effets sur le débit des cours d'eau et sur la couverture de glace sont particulièrement difficiles à prédire. En raison de l'ampleur du changement climatique possible dans l'Arctique, il est particulièrement important d'intensifier les recherches et la surveillance.

L'appauvrissement de la couche d'ozone

La couche d'ozone de la haute atmosphère (qui s'étend entre 15 et 35 km au-dessus de la surface du globe) est un filtre naturel qui protège la Terre des rayons ultraviolets nuisibles du Soleil. Les scientifiques s'inquiètent des changements observés dans la couche d'ozone, en particulier au cours de la dernière décennie. La découverte d'un « trou » au-dessus de l'Antarctique a attiré l'attention sur les questions liées à l'accroissement du rayonnement ultraviolet, qui provoque le cancer de la peau, réduit le rendement des cultures et nuit à la vie aquatique (voir le chapitre 23). Dans le milieu marin, l'intensification du rayonnement ultraviolet peut avoir des effets nocifs sur certains groupes d'organismes tels les microbes marins, le phytoplancton et le zooplancton, notamment à la surface de la mer. Les conséquences sont graves étant donné que ces organismes constituent la base même des chaînes alimentaires marines et qu'ils soutiennent les écosystèmes marins et les pêches commerciales. Toutefois, comme on sait très peu de choses sur les impacts de l'appauvrissement de la couche d'ozone sur l'écosystème marin, il est essentiel que les recherches se poursuivent dans ce domaine.

LA RÉPONSE DES POUVOIRS : À LA RESCOUSSE DE LA MER

Au cours des trois dernières décennies, l'opinion publique a remarquablement évolué. Auparavant, les océans étaient perçus comme des régions frontières à conquérir ou à exploiter ou comme des dépotoirs commodes; toutefois, la nécessité de protéger le milieu marin est devenue aujourd'hui une priorité mondiale. Par exemple, la protection du milieu marin, y compris l'amélioration des lignes directrices du Programme des Nations Unies pour l'environnement, élaborées à Montréal en 1985 pour réduire les sources terrestres de pollution marine, constituera un point primordial à l'ordre du jour de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement en 1992.

Les lignes directrices de Montréal constituaient le premier geste de la communauté internationale pour traiter de ce sujet spécifiquement et globalement. Elles renferment une liste des principes et des stratégies scientifiques et gestionnels à partir desquels les gouvernements peuvent sélectionner des mesures convenant à leurs propres besoins. Elles sont également conçues pour aider les pays à élaborer des accords multilatéraux, régionaux et bilatéraux appropriés ainsi qu'une réglementation nationale adéquate de lutte contre la pollution venant de sources terrestres, lesquelles sont à l'origine de 80 % des polluants que l'on trouve dans les océans. Le renforcement et la mise en œuvre de ces lignes directrices grâce à un instrument agréé par tous, par exemple, une convention ou un accord, sont un défi de taille que doivent relever d'urgence toutes les nations côtières.

Le Canada fait partie d'une communauté mondiale qui évolue rapidement. Bon nombre de pays accordent la priorité à l'expansion industrielle et mettent

TABLEAU 4.8

Initiatives en matière de gestion des ressources océaniques et de protection de la qualité du milieu marin

Stratégie de conservation du milieu marin de l'Arctique	Pêches et Océans Canada travaille à l'élaboration et à la mise en œuvre d'une Stratégie de conservation du milieu marin de l'Arctique en collaboration avec d'autres organismes fédéraux, les gouvernements provinciaux et territoriaux, les organismes autochtones et les collectivités du Nord. Cette stratégie reconnaîtra le caractère unique de l'Arctique canadien et la nécessité d'un consensus quant à la gestion des ressources de cette région. La stratégie comprend le partage des responsabilités en matière de gestion des ressources, cette gestion s'appuyant sur des connaissances scientifiques solides, la recherche, la protection de l'environnement, la sensibilisation du public et la collaboration internationale.
Politique de gestion des habitats du poisson	Cette politique de Pêches et Océans Canada se fonde sur la notion d'« aucune perte nette » de productivité des habitats et s'appuie sur une planification concertée et intégrée des ressources en matière de gestion de l'habitat.
Politique sur la pêche sportive	Cette politique de Pêches et Océans Canada repose sur une méthode concertée de gestion où les gouvernements et les utilisateurs partagent la responsabilité de la conservation et de l'utilisation avisée des ressources. Les principaux buts de cette politique sont les suivants : (i) conserver, rétablir et mettre en valeur la pêche sportive canadienne et les habitats dont elle dépend; (ii) maintenir un haut niveau de qualité et de diversité des sources de pêche sportive; et (iii) promouvoir une industrie viable de la pêche sportive.
Politique sur les parcs marins nationaux	Élaborée sous l'égide du Service canadien des parcs d'Environnement Canada, cette politique est un important instrument de conservation des écosystèmes marins. Elle reconnaît le caractère distinct des parcs marins par rapport aux parcs terrestres ainsi que la nécessité de concilier différentes utilisations des ressources. Les régions océaniques et la région des Grands Lacs du Canada sont divisées en 29 aires naturelles; l'objectif à long terme est de créer un réseau national au sein duquel chacune de ces 29 aires serait représentée.
Politique océanique	Annoncée en 1987, cette politique propose une stratégie globale pour l'optimisation des avantages que le Canada retire de ses océans sur les plans économique, scientifique et de la souveraineté. Un objectif primordial de la politique est de garantir la saine gestion du milieu et des ressources océaniques ainsi que leur protection pour les générations à venir.
Cadre pour la qualité du milieu marin	Ce cadre est une initiative nationale pour la protection du milieu marin. Il reconnaît que le gouvernement, l'industrie et le public ont chacun un rôle à jouer et met l'accent sur la nécessité d'une action concertée. La planification portera principalement sur des mesures particulières dans certains secteurs clés, notamment la surveillance, l'élaboration de lignes directrices, la production de rapports sur l'état de l'environnement, la gestion côtière intégrée, les recherches en écologie marine et l'application des règlements.
Cultivons l'avenir	Destinée à aider l'industrie de l'aquiculture canadienne à devenir l'un des grands producteurs mondiaux avant la fin du siècle, cette politique élaborée par Pêches et Océans Canada définit cinq objectifs : (i) le soutien de l'industrie grâce au leadership et à l'innovation sur les plans scientifique et technique; (ii) une gestion saine et concertée pour assurer la santé et la productivité du milieu aquatique; (iii) un système d'inspection destiné à confirmer la réputation de l'industrie pour ce qui est de la qualité de ses produits; (iv) la fourniture de conseils et la réalisation d'études de marché; et (v) la défense des droits et le dialogue afin de promouvoir la croissance durable de l'industrie.
Plan vert du Canada	Le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990*a*) comporte plus de 100 initiatives à mettre en œuvre au cours des six prochaines années à un coût total de 3 milliards de dollars. Nombre de ces initiatives ont trait, directement ou indirectement, à la qualité du milieu marin. Les principaux programmes sont la Stratégie de l'environnement arctique, le Plan d'action du bassin du fleuve Fraser, le rétablissement des points chauds de l'Atlantique, le Plan d'action relatif à l'immersion des déchets en mer, l'approfondissement des connaissances en matière de substances toxiques, le développement durable des pêches, le plan d'action réglementaire relatif aux produits chimiques toxiques, l'avancement des sciences et des techniques de l'eau, l'élaboration de nouvelles normes en matière de biotechnologie, l'optimisation de la gestion des eaux côtières et marines, le nettoyage des sites contaminés, une meilleure compréhension du réchauffement de la planète, le projet de loi sur les évaluations environnementales, les améliorations touchant les rapports sur l'état de l'environnement et la qualité de l'information environnementale, la prévention des déversements en mer et les mesures d'intervention, de même que le renforcement des partenariats.

l'accent sur les techniques de pointe. Cette tendance est nourrie par l'intensification de la concurrence économique dans le monde. L'industrialisation des deux côtes du Canada modifie la nature des pressions exercées par les activités industrielles sur le milieu marin. Récemment, par exemple, il a été nécessaire de réglementer le rejet de métaux communs et de composés organiques synthétiques produits par de nouvelles techniques industrielles sophistiquées.

Les efforts déployés au Canada pour protéger les ressources marines et la qualité du milieu marin sont attestés par nombre de politiques, de lois, de règlements et de plans stratégiques. De plus, les programmes d'évaluation et de surveillance permettent aux responsables de définir les priorités, d'analyser les tendances de la qualité du milieu marin et d'évaluer l'efficacité des mesures prises pour empêcher ou pour limiter les dommages. La présente section passe en revue certaines initiatives visant à renforcer la capacité du Canada sur le plan de la gestion des activités humaines influant sur la santé des écosystèmes marins.

Les initiatives en matière de politiques

Pêches et Océans Canada, Environnement Canada, Transport Canada et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada comptent parmi les ministères et organismes fédéraux chargés de la gestion des ressources des océans, des recherches scientifiques marines et de la protection de la qualité de l'environnement marin. Il ressort des politiques récentes de ces

deux ministères une unanimité croissante sur la nécessité de collaborer à la réduction des conflits entourant l'utilisation des eaux marines, à la mise en valeur des avantages que peuvent tirer les humains de l'exploitation des ressources océaniques et à la protection de la qualité du milieu marin (tableau 4.8).

Les lois et règlements

Un large éventail de lois et règlements fédéraux ou provinciaux touchent directement ou indirectement les océans du Canada. Parmi les lois fédérales, mentionnons la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE), la *Loi sur les pêches*, la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques*, et la *Loi sur la marine marchande du Canada*. Les lois récentes et celles que l'on se propose d'adopter favorisent une meilleure coordination interorganismes et l'application plus stricte des règlements destinés à protéger les océans et le littoral du Canada. Deux projets pourraient revêtir une importance particulière :

- Le droit de la mer a beaucoup progressé ces dernières années. En outre, le public attache de plus en plus d'importance au fait que l'exploitation de toutes les ressources, y compris les ressources océaniques, doit être écologiquement durable. Le projet de loi canadien sur les océans aurait pour objectif d'asseoir sur des bases écologiquement durables l'exploitation des ressources océaniques du Canada, compte tenu de l'évolution récente du droit international.

- La LCPE vise à protéger tant l'environnement que la santé humaine contre les risques associés aux substances toxiques. En vertu de cette loi, le gouvernement établit des objectifs de qualité de l'environnement et élabore des codes de pratiques pour la manipulation des produits chimiques toxiques. Les dirigeants d'entreprises s'exposent à des amendes pouvant atteindre 1 million de dollars par jour s'ils participent à des activités qui violent la loi ou s'ils les autorisent. La LCPE, en tant que loi globale, contribuera de façon déterminante à protéger les ressources des océans du Canada contre la contamination chimique.

La planification stratégique

La planification stratégique sert à traduire les politiques et les lois et règlements en mesures concrètes. Des plans d'action environnementaux régionaux ont été mis en œuvre pour s'attaquer à des problèmes particuliers des milieux marins et dulcicoles. En juin 1988, le gouvernement a lancé un programme quinquennal de 110 millions de dollars destiné à restaurer et à préserver la qualité du fleuve, de l'estuaire et des ressources du Saint-Laurent par la réduction des rejets de contaminants de 50 industries ciblées et par des projets de recherche et de rétablissement

[illegible]

La création du parc marin du Saguenay

À l'endroit où confluent le Saguenay et le Saint-Laurent, les eaux troubles de l'estuaire du haut Saint-Laurent et les eaux de surface plus chaudes du Saguenay se mêlent aux eaux marines plus froides du golfe, créant des conditions environnementales particulières qui attirent un nombre remarquablement élevé d'espèces de baleines pour une région aussi petite. Le petit rorqual, le rorqual bleu, le béluga et le rorqual commun s'alimentent dans les eaux froides et riches de l'estuaire, tandis que les anémones de mer, les buccins, les crabes et maintes autres espèces variées tapissent le fond de ces eaux. À l'embouchure du Saguenay, l'eau moins saline flotte au-dessus de l'eau froide salée; ainsi cohabitent l'une au-dessus de l'autre deux communautés marines très différentes.

Il n'est guère surprenant que cette région marine distincte ait été choisie, dans le cadre du Plan vert, comme l'un des six nouveaux parcs marins nationaux dont l'aménagement est prévu pour l'an 2000. Ces parcs sensibilisent le public au patrimoine marin naturel du Canada tout en servant à la recherche et aux loisirs aquatiques. Le parc marin du Saguenay est doté d'attraits particuliers en ce qu'il constitue un refuge pour le béluga, une espèce menacée d'extinction (cette population de bélugas est la plus méridionale du monde); par ailleurs, il permet d'attirer l'attention sur la pollution considérable produite par diverses sources en amont.

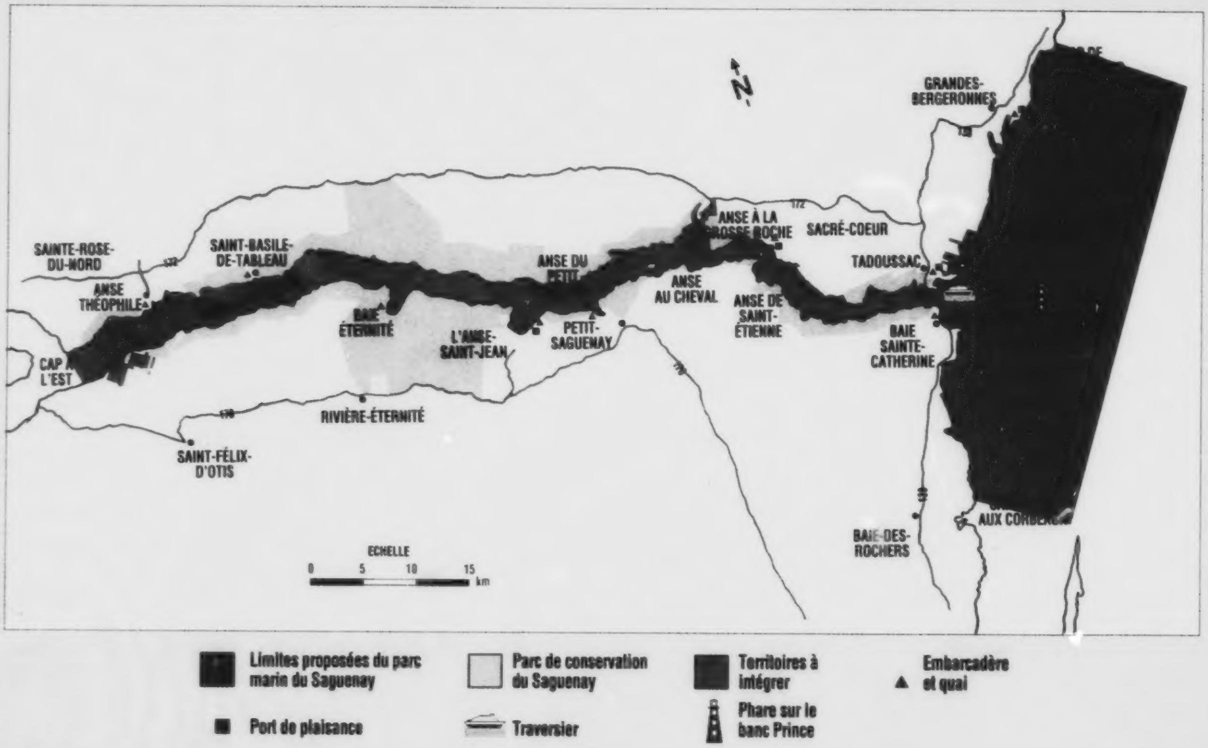
Les caractéristiques géographiques et océanographiques de la région contribuent également à son unicité. Sur plus de la moitié de sa longueur, le Saguenay est en fait un fjord relié à l'estuaire du Saint-Laurent. Le site proposé pour ce parc inclut la portion du Saguenay en aval de Cap-à-l'Est et la frange nord du Saint-Laurent en son point de confluence avec le Saguenay (figure 4.E2). Il est également entouré par un parc terrestre. La délimitation du territoire du parc fait l'objet d'un examen par les gouvernements du Canada et du Québec ainsi que d'audiences publiques.

Bien que la création du parc ait pour objectif premier de rétablir la qualité du milieu, on reconnaît que l'amélioration de la qualité de l'eau exigera les efforts concertés et soutenus de divers organismes (voir le chapitre 19). Dans le cadre de la stratégie de conservation du parc, on restreindra l'accès des régions fragiles tel l'habitat du béluga. Il sera possible de continuer à pratiquer des activités comme la voile, le kayak, le canot, la planche à voile, la pêche récréative, la plongée sous-marine et l'observation des baleines, mais on veillera à ne pas mettre en péril les nombreuses caractéristiques exceptionnelles du parc. Des centres d'information et d'interprétation seront ouverts aux visiteurs. Par ailleurs, le parc publiera un rapport annuel sur les travaux de recherche scientifique effectués.

Les gouvernements du Canada et du Québec travailleront à l'établissement et à la gestion du parc; un plan de gestion doit être rendu public à l'été 1993. Cette action concertée aidera à assurer la pérennité de l'un des joyaux des régions marines du Canada, au plus grand profit des générations à venir.

FIGURE 4.12

Parc marin du Saguenay : limites proposées



Source : Environnement Canada, 1990*b*.

(voir le chapitre 19). Le Plan d'action Saint-Laurent prévoit en outre la création d'un parc marin au confluent du Saint-Laurent et du Saguenay (voir l'encadré 4.2), un projet relié au sauvetage de la population de bélugas du Saint-Laurent. En mars 1991, on a annoncé que des plans de redressement seraient élaborés pour au moins 11 ports et zones côtières des provinces maritimes grâce à un financement prévu dans le Plan vert. Parmi ces 11 premiers sites figurent le port de Saint-Jean et l'inlet Letang, au Nouveau-Brunswick, le port de Sydney, en Nouvelle-Écosse, et le port de St. John's, à Terre-Neuve. Un plan de nettoyage et de gestion du fleuve Fraser et de l'inlet Burrard en Colombie-Britannique, également prévu dans le Plan vert, a été annoncé en juin 1991. D'autres plans stratégiques fédéraux et provinciaux, notamment un plan de création d'un réseau national de régions marines protégées et des plans intégrés de gestion des ressources pour les zones côtières, en sont à divers stades d'élaboration.

Les régions marines protégées

La protection des écosystèmes marins accuse un retard marqué par rapport à celle des régions terrestres, bien que la Colombie-Britannique ait institué dès 1959 un réseau de parcs marins, principalement pour protéger les colonies d'oiseaux de mer. À l'échelle nationale, parmi les 29 régions marines répertoriées par le Service canadien des parcs, cinq couvrent les Grands Lacs et les autres, les trois océans du Canada. Deux des régions sont représentées dans des parcs établis : la baie de Georgie et une portion du plateau continental de la côte ouest de l'île de Vancouver. Le gouvernement fédéral s'est engagé, dans le cadre du Plan vert, à créer trois autres parcs marins nationaux d'ici 1996, y compris ceux de Moresby-Sud/Gwaii Haanas et du Saguenay, puis trois autres parcs d'ici l'an 2000 (voir le chapitre 7). La Politique sur les parcs marins nationaux, rendue publique en 1986, a fixé un objectif global de 29 parcs marins, un pour chaque région marine naturelle distincte du Canada.

La gestion des zones côtières

La gestion durable du littoral doit favoriser un développement économique bien planifié qui intègre la protection et la conservation de l'environnement. Jusqu'à présent, la gestion par le Canada des pressions exercées sur le littoral a été caractérisée par l'absence de coordination du fait de la fragmen-

tation de la responsabilité administrative en matière de ressources côtières et marines (Hildebrand, 1989). C'est en partie pourquoi un petit nombre de plans de gestion côtière ont été élaborés, en dépit de l'énorme longueur des côtes canadiennes et de la grande richesse des ressources qu'elles recèlent.

Les récents projets mis en œuvre sur les trois côtes attestent une sensibilisation croissante à la nécessité d'une forme quelconque de gestion à l'échelle régionale, si l'on veut limiter au minimum les conflits en matière de ressources et protéger certaines régions spéciales. Par exemple, en Colombie-Britannique, trois plans de gestion des régions estuariennes ont été élaborés (rivières Cowichan et Squamish et fleuve Fraser). Dans la région de l'Atlantique, l'Île-du-Prince-Édouard a établi un inventaire complet des côtes afin d'aider les éleveurs de crustacés et coquillages à sélectionner les sites. En 1988, un projet conjoint portant sur l'estuaire de l'Atlantique a été mis sur pied par Environnement Canada, région de l'Atlantique. Les gouvernements fédéral et provinciaux, les universités et les pouvoirs locaux participent aux plans de gestion de quatre estuaires, un dans chaque province de l'Atlantique. Le plan d'action touchant le golfe du Maine est un autre exemple de gestion coopérative des ressources puisqu'il suppose la participation de deux provinces et de trois États, mais aussi des administrations fédérales canadienne et américaine.

La planification de l'aménagement des terres du Nord, qui avait commencé lorsque s'étaient intensifiées les préoccupations quant aux conflits entre le développement industriel et les utilisations traditionnelles des ressources, arrive à terme. La Commission des Territoires du Nord-Ouest sur l'aménagement des terres, créée en 1986, a été dissoute en 1988 et remplacée par trois commissions régionales, dont deux incluent une région côtière, à savoir le détroit de Lancaster (Territoires du Nord-Ouest) et la région de la mer de Beaufort et du delta du Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest) (voir le chapitre 15).

Les programmes de surveillance

On a recours à la surveillance pour évaluer la nécessité des mesures de prévention de la pollution et leur efficacité. Les programmes existants mesurent les concentrations de contaminants dans les cours d'eau, dans l'atmosphère et dans les œufs des oiseaux de mer et surveillent la qualité de l'habitat des crustacés et coquillages ainsi que les effets des usines côtières de pâtes et d'autres sources de pollution. Ces programmes fournissent des renseignements utiles; cependant, il faut poursuivre les recherches, en particulier sur la répartition, le devenir et l'effet des contaminants sur le biote et les habitats marins. On cherche actuellement à mettre en place d'autres programmes de surveillance sur les trois côtes du Canada.

Le Plan vert (Gouvernement du Canada, 1990*a*) fait état des questions prioritaires liées aux océans. Ainsi, on intensifiera la surveillance et l'évaluation et l'on prendra des mesures pour faciliter l'échange d'informations entre les divers organismes chargés d'évaluer les effets des activités humaines sur le milieu marin, les ressources côtières et océaniques et la santé humaine, notamment :

- les teneurs en contaminants et l'état des stocks de poissons de la pêche sportive et de la pêche de subsistance;
- les substances toxiques et leurs effets sur le poisson et son habitat;
- la pêche hauturière aux filets dérivants;
- la qualité de l'eau dans le Nord;
- les changements climatiques et les recherches sur les interactions climat–océan;

CONCLUSIONS

Nombre de zones côtières et d'estuaires des trois côtes du Canada montrent des signes de dégradation environnementale, grave dans certains cas, ce qui représente une menace importante pour les ressources biologiques et pour les habitats, et même pour la santé publique. L'influence humaine sur le milieu marin est évidente sur bien des plans. Les apports directs d'eaux usées, de déchets industriels et de produits chimiques agricoles ont conduit à la contamination bactérienne, à l'eutrophisation, à la perte ou à la dégradation de l'habitat et ont eu des effets toxiques sur la faune et sur la flore marines. La navigation et l'exploitation des ressources pétrolières et gazières en mer menacent également la qualité de l'environnement. Ces agressions influent à des degrés divers sur chacun des trois océans du Canada et touchent même les eaux arctiques éloignées. Bref, il y a suffisamment de signes qui portent à penser que le Canada s'est peut-être engagé dans la même voie que d'autres nations industrialisées plus populeuses qui exploitent leurs ressources à la limite de leurs capacités et qui subissent les conséquences de la dégradation du milieu marin (Environnement Canada, 1989).

Dans l'Atlantique, la pêche a gravement appauvri les stocks de poissons de fond, entraînant la fermeture de conserveries de poisson et causant des préjudices économiques aux collectivités côtières qui, dans certains cas, dépendaient de la pêche depuis plus de trois siècles. Les effluents industriels et municipaux ont contaminé les zones coquillières traditionnelles et ont restreint l'expansion de l'aquiculture. Les fonderies d'aluminium et les usines de pâtes sur le Saguenay contribuent toujours aux apports de contaminants toxiques dans les sédiments et, en fin de compte, chez des espèces endémiques comme le béluga du Saint-Laurent, qui est menacé d'extinction.

On trouve nombre de ces mêmes problèmes — surpêche et contamination par des sources industrielles et municipales — sur la côte ouest du Canada. Une des questions les plus préoccupantes est la pêche hauturière aux filets dérivants pratiquée par certaines nations du Pacifique. Cette pêche constitue une menace majeure pour les mammifères marins, les oiseaux de

mer et les espèces de poissons non visées comme le saumon. La croissance urbaine, concentrée dans les collectivités côtières de Vancouver, Victoria et Nanaimo, continue à contaminer les habitats du littoral et à empiéter sur des milieux humides productifs. La disparition de la pêche récréative et commerciale du crabe, de la crevette rose, de la crevette grise et de l'huître près des usines de pâtes et papiers — qui sont des sources de composés organochlorés, notamment de dioxines et de furanes — représente un problème grave sur la côte ouest.

Quoique l'océan Arctique soit relativement peu pollué comparativement aux mers plus australes du Canada, les pressions croissantes en faveur de l'exploitation des ressources renouvelables et non renouvelables peuvent mener à une détérioration de la qualité de l'environnement. La centrale hydroélectrique de la rivière La Grande et les projets d'aménagement hydroélectrique sur la Grande rivière de la Baleine et les rivières Nottaway, Broadback et Rupert au Nouveau-Québec, sur la rivière Moose en Ontario et sur le fleuve Nelson au Manitoba menacent peut-être la santé des écosystèmes côtiers subarctiques (voir le chapitre 12). Enfin, on a découvert ces dernières années que la présence de composés organochlorés est généralisée dans la chaîne alimentaire arctique, ce qui ne manque pas de susciter de vives inquiétudes.

Les impacts sur le milieu marin ont eu, dans nombre de cas, des conséquences économiques dans des secteurs tels que le tourisme et la récolte de crustacés et coquillages. Ayant pris conscience de la situation, les Canadiens commencent à réagir. L'adoption de mesures de protection de l'environnement a permis d'atténuer plusieurs de ces menaces. Certains des pesticides les plus rémanents ne sont plus utilisés et il existe des codes de pratique pour la manipulation des autres matériaux toxiques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990*a*) prévoit que de nouveaux règlements seront adoptés en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* et de la *Loi sur les pêches* afin d'établir des pratiques de rejet des effluents industriels et de surveiller leur mise en œuvre. En l'absence de telles mesures, la perte d'habitats, la dégradation des écosystèmes et la fermeture de zones de pêche se généraliseraient vraisemblablement.

Le Canada doit se doter d'un ensemble complet d'objectifs environnementaux définissant les niveaux acceptables de qualité du milieu marin; il doit aussi pouvoir compter sur une information de base suffisante pour lui permettre d'évaluer l'état de l'environnement par rapport à ces normes. Il faudra pour cela intensifier les recherches sur le devenir des contaminants toxiques dans les écosystèmes marins et sur les effets de ces contaminants et d'autres agressions sur la qualité du milieu marin. Il est également essentiel de concevoir et d'appliquer des programmes de surveillance environnementale pour obtenir de l'information sur l'évolution de la qualité du milieu marin et ce, afin de déceler rapidement les problèmes et d'évaluer l'efficacité des mesures de réglementation et de gestion.

Les limites de nos connaissances actuelles n'écartent toutefois pas l'utilité d'une action positive. Dans nombre de cas, les mesures canadiennes existantes de lutte contre la pollution ne sont pas appliquées uniformément sur les trois côtes. Cette situation peut être corrigée. La diminution de la consommation de combustibles fossiles, l'adoption de normes plus rigoureuses visant la réduction de la pollution industrielle, le renforcement de l'application des règlements et l'élaboration de meilleures stratégies de gestion et de traitement des déchets ne sont que quelques-uns des moyens qui peuvent être mis en œuvre dès maintenant pour protéger les océans et les littoraux du Canada contre les effets d'une industrialisation et d'une urbanisation croissantes. Chacun peut venir à la rescousse de la mer aujourd'hui, pour le plus grand bien des générations à venir.

OUVRAGES CITÉS

Allan, R.J. 1988. « Toxic chemical pollution of the St. Lawrence River (Canada) and its upper estuary. » *Water Science and Technology*, 20 (6/7) : 77–88.

Amos, C.L. 1977. « Effects of tidal power structures on the sediment transport and loading in the Bay of Fundy — Gulf of Maine system. » Pages 233–253 dans : Daborn, G.R. (réd.). *Compte rendu d'un atelier sur les répercussions environnementales de l'énergie marémotrice produite dans la baie de Fundy*, tenu à Wolfville (Nouvelle-Écosse) les 4 et 5 novembre 1976. Acadia University Institute, Wolfville.

Anderson, D. 1989. *Report to the Premier on oil transportation and oil spills*. Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria.

Barchard, W.W., et S.D. Mahon. 1986. *Heavy metals from drilling fluid components released into the Canadian marine environment*. Rapport de surveillance EPS–5–AR–88–4. Service de la protection de l'environnement, région de l'Atlantique, Environnement Canada, Dartmouth.

Bates, S.S., C.J. Bird, A.S.W. de Freitas, R. Foxall, M. Gilgan, L.A. Hanic, G.R. Johnson, A.W. McCulloch, P. Odense, R. Pocklington, M.A. Quilliam, P.G. Sim, J.C. Smith, D.V. Subba Rao, E.C.D. Todd, J.A. Walter et J.L.C. Wright. 1989. « Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 46 : 1203–1215.

Beamish, R.J., F. Bernard, K. Francis, B. Hargreaves, S. Mckinnell, L. Margolis et B. Riddell. 1989. *A preliminary summary of the impact of squid driftnet fishery on salmon, marine mammals, and other marine animals*. Document présenté à une conférence sur les impacts de la pêche au calmar aux filets dérivants organisée à Victoria (Colombie-Britannique) du 17 au 19 juillet. Ministère de l'Agriculture et des Pêches de la Colombie-Britannique, Victoria.

Bodsworth, F. 1970. *The illustrated natural history of Canada: The Pacific coast*. N.S.L. Natural Science of Canada Ltd., Toronto.

Brett, J.R., W. Griffioen et A. Solmie. 1978. *The 1977 crop of salmon reared on the Pacific Biological Station experimental fishfarm*. Rapport technique du Service des pêches et des sciences de la mer nº 845. Service des pêches et des activités marines, Ministère des Pêches et de l'Environnement, Ottawa.

Brinkhurst, R.O., B.J. Burd et R.D. Kathman. 1987. *Benthic studies in Alice Arm, B.C., during and following cessation of mine tailings disposal, 1982 to 86.* Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques n° 89. Institut des sciences océaniques, Pêches et Océans Canada, Sidney.

Bruemmer, F. 1976. *L'Arctique.* Éditions Optimum, Montréal.

Buxton, R. 1989. *Plastic debris and lost and abandoned fishing gear in the aquatic environment.* Direction générale des communications, Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement marin. 1990. *La protection de nos eaux. Rapport final.* Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Commission fédérale d'évaluation et d'examen en matière d'environnement. 1990. *The Northumberland Strait Crossing Project.* Rapport n° 34 de la Commission fédérale d'évaluation et d'examen en matière d'environnement. Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, Ottawa.

Commission internationale des pêcheries du Pacifique Nord. 1990. *Final report of squid and bycatch observations in the Japanese driftnet fishery for neon flying squid* (Ommastrephes bartrami) *June–December, 1989 Observer Program.* Groupe de 1989 composé de la Fisheries Agency du Japon, de Pêches et Océans Canada et du National Marine Fisheries Service et du Fish and Wildlife Service des États-Unis. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Conner, D.K., et R. O'Dell. 1988. « The tightening net of marine plastics pollution. » *Environment*, 30(1) : 16–20, 33–36.

Conseil national de recherches du Canada. 1983. *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment: formation, sources, fate and effects on aquatic biota.* CNRC n° 189811. Comité associé sur les critères scientifiques de qualité environnementale, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.

Cossa, D., et C. Desjardins. 1984. *Évolution de la concentration en mercure dans les crevettes du fjord du Saguenay (Québec) au cours de la période 1979–1983.* Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques n° 32. Pêches et Océans Canada, Québec.

Duval, W., S. Hopkinson, R. Olmstead et R. Kashino. 1989. *The* Nestucca *oil spill: preliminary evaluation of impacts on the west coast of Vancouver Island.* Rapport préparé à contrat par ESL Environmental Sciences Ltd. pour Environnement Canada, Vancouver Ouest, et le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria.

Eaton, P.B., L.P. Hildebrand et A.A. d'Entremont. 1986. *La qualité de l'environnement dans la région de l'Atlantique, 1985.* Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Dartmouth.

Elliott, J.E., R.W. Butler, R.J. Norstrom et P.E. Whitehead. 1989. « Environmental contaminants and reproductive success of Great Blue Herons, *Ardea herodias*, in British Columbia, 1986–1987. » *Environmental Pollution*, 59(2) : 91–114.

Environnement Canada. 1982. *Le pétrole et les dispersants dans les mers baignant le littoral canadien : évaluation des recherches et recommandations.* Analyse économique et technique, rapport SPE 3–EC–82–2F. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1989. *Health of our oceans: An overview of Canadian marine environmental quality.* Feuillet d'information. Conservation et Protection, Environnemet Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*a*. *Loi sur l'immersion des déchets en mer, rapport annuel 1989/90.* Ottawa.

Environnement Canada. 1990*b*. *Consultation publique : Parc marin du Saguenay, limites proposées.*

Evelyn, T.P.T. 1972. *A multispecies fish kill in Nanoose Harbour, B.C.* 29 septembre 1971. Rapport technique n° 319 du Conseil consultatif de recherche sur les pêcheries et les océans. Conseil consultatif de recherche sur les pêcheries et les océans.

Fournier, R.O. 1990. *Final report of the Halifax Harbour Task Force.* Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse, Halifax.

Frank, K.T., R.I. Perry, K.F. Drinkwater et W.H. Lear. 1988. « Changes in the fisheries in Atlantic Canada associated with global increases in atmospheric carbon dioxide: A preliminary report. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 1652. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Freeland, H.J. 1990. « Sea surface temperature along the coast of British Columbia: regional evidence of a warming trend. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 47(2) : 346–350.

Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine (OMI/FAO/Unesco/OMM/OMS/AIEA/ONU/PNUE). 1990. *The state of the marine environment.* Rapports et études n° 39. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi.

Gouvernement du Canada. 1990*a*. *Le Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada.

Gouvernement du Canada 1990*b*. *News release, May 7. St. John's: Atlantic Fisheries Adjustment Program.*

Goyette, D., et J. Boyd. 1989. *Distribution and environmental impact of selected benthic contaminants in Vancouver harbour, British Columbia 1985 to 1987.* Regional Program Report 89–02. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, West Vancouver.

Groupe de travail sur les indicateurs. 1991. *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada.* Rapport EDE 91–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Groupe de travail sur les indicateurs, Environnement Canada, Ottawa.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Scientific assessment of climate change.* Rapport préparé par le Groupe de travail 1 pour le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Harding, L.E., et J.R. Englar. 1989. *The Nestucca oil spill: fate and effects to May 31, 1989.* Regional Program Report 89–01. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, West Vancouver.

Harington, C.R. 1986. « The impact of changing climate on some vertebrates in the Canadian Arctic. » Pages 100–113 dans : *Impact of climate change on the Canadian Arctic.* Compte rendu d'un atelier sur le programme climatologique canadien, du 3 au 5 mars, Geneva Park (Ontario). Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Hildebrand, L. 1984. *An assessment of environmental quality in the Baie des Chaleurs.* Rapport de surveillance EPS–5–AR–84–8. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, région de l'Atlantique, Dartmouth.

Hildebrand, L.P. 1989. *Canada's experience with coastal zone management.* Institut canadien des océans, Halifax.

Institut canadien des produits pétroliers. 1991. *CPPI response to the report of the public review panel on tanker safety and marine spills response capability.* Ottawa.

Jensen, J. 1990. *State of the Arctic environment report on chlorinated organics, draft report for the Finnish initiative meeting April 17–24.* Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Kay, B.H. 1986. *West coast marine environmental quality. Technical Reviews.* Regional Program Report 86–01. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, West Vancouver.

Kennett, K., et M.W. McPhee. 1988. *The Fraser River estuary: An overview of changing conditions.* Fraser River Estuary Management Program, New Westminster.

Lester, R.T., et J.P. Myers. 1989. *Global warming, climate disruption and biological diversity.* Pages 177–221 dans W. J. Chandler (réd.), Audubon Wildlife Report 1989–90. National Audubon Society, New York.

Loring, D.H. 1988. « Géochimie des métaux en traces des sédiments du golfe du Saint-Laurent. » Pages 99–122 dans : Strain, P.M. (réd.). « Océanographie chimique dans le golfe du Saint-Laurent. » *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques* n° 220.

Lyons, R. 1989. *Dire straits: Pollution in the Strait of Georgia, British Columbia, Canada.* Greenpeace Canada, Vancouver.

Malins, D.C., B.B. McCain, D.W. Brown, S. Chan, M.C. Myers, J.T. Landahl, P.G. Prohaska, A.J. Friedman, L.D. Rhodes, D.G. Burrows, W.D. Gronlund et H.O. Hodgins. 1984. « Chemical pollutants in sediments and diseases of bottom-dwelling fish in Puget Sound, Washington. » *Environmental Science and Technology*, 18(9) : 705–713.

Martec Ltd. 1987. *Effets d'une hausse d'un mètre du niveau moyen de la mer à Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et au passage inférieur du Saint-Jean.* Série des sommaires du changement climatique n° 87–04. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Martel, L., M.J. Gagnon, R. Masse, A. Leclerc et L. Tremblay. 1986. « Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Saguenay Fjord, Canada. » *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 37(1) : 133–140.

Messieh, S.N., et M.I. El-Sabh. 1988. « Man-made environmental changes in the southern Gulf of St. Lawrence, and their possible impact on inshore fisheries. » Pages 499–523 dans : El-Sabh, M.I., et T.S. Murty (réd.). *Natural and man-made hazards.* D. Reidel Publishing Co., Dordrecht.

Moore, J.W., et S. Ramamoorthy. 1984. *Organic chemicals in natural waters: applied monitoring and impact assessment.* Springer Series on Environmental Management. Springer-Verlag, New York.

Myers, M.S., L.D. Rhodes et B.B. McCain. 1987. « Pathological anatomy and patterns of occurrence of hepatic lesions, and other idiopathic hepatic conditions in English sole (*Parophrys vetulus*) from Puget Sound, Washington. » *Journal of the National Cancer Institute*, 78 : 333–363.

Mysak, L.A., et C.A. Lin. 1990. « Role of the oceans in climatic variability and climatic change. » *Géographe canadien*, 34(4) : 352–369.

Noble, D.G., et J.E. Elliott. 1986. *Environmental contaminants in Canadian seabirds, 1968–1985: trends and effects.* Rapport technique n° 13. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Noble, D.G. 1990. Les contaminants chez les oiseaux de mer du Canada. Rapport EDE 90–2. Environnement Canada, Ottawa.

Norstrom, R.J., et D.C.G. Muir. 1988. « Long-range transport of organochlorines in the Arctic and Sub-arctic: evidence from analysis of marine mammals and fish. » Pages 83–112 dans : Schmidtke, E. (réd.). *Toxic contamination in large lakes. Volume I. Chronic effects of toxic contaminants in large lakes.* Lewis Publishers, Chelsea (Michigan).

Norstrom, R.J., M. Simon, D.C.G. Muir et R.E. Schweinsburg. 1988. « Organochlorine contaminants in arctic marine food chains: identification, geographical distribution and temporal trends in polar bears. » *Environmental Science and Technology*, 22 : 1063–1071.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1991. *L'état de l'environnement.* Paris.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 1988. *Food and Agriculture Organization fisheries statistics.* Rome.

Packman, G.A., et R.G. Shearer. 1988. « An overview of marine environmental quality in the Canadian Arctic. » Pages 229–242 dans : Wells, P.G., et J. Gratwick (réd.). *Compte rendu de la Conférence canadienne sur la qualité de l'environnement marin* organisée à Halifax du 29 février au 3 mars 1988. The International Institute for Transportation and Ocean Policy Studies, Halifax.

Parsons, T.R. Sous presse. « The impact of fish harvesting on ocean ecology. » *Marine Pollution Bulletin.*

Pêches et Océans Canada. 1987. *Les océans du Canada : aperçu économique et guide des activités du gouvernement fédéral.* Ottawa.

Pennell, B. 1988. « More research needed on phytoplankton. » *Canadian Aquaculture*, 4(5) : 69–70.

Piatt, J.F., R.D. Elliot et A. MacCharles. 1985. *Marine birds and oil pollution in Newfoundland, 1951–1984.* Rapport n° 105. Newfoundland Institute for Cold Ocean Science, St. John's.

Piatt, J.F., et D.A. Nettleship. 1987. « Incidental catch of marine birds and mammals in fishing nets off Newfoundland, Canada. » *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B) : 344–349.

Russell, F. 1970. *The illustrated history of Canada: The Atlantic coast.* N.S.L. Natural Science of Canada Ltd, Toronto.

Smith, J.N. 1988. « Pollution history and paleoclimate signals in sediments of the Saguenay fjord. » Pages 123–138 dans : Strain, P.M. (réd.). « Océanographie chimique dans le golfe du Saint-Laurent. » *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques* n° 220.

Subba Rao, D.V., M.A. Quilliam, et R. Pocklington. 1988. « Domoic acid — a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzchia pungens* in culture. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 45(12) : 2076–2079.

Takehama, S. 1989. *Estimation of damage to fishing vessels caused by marine debris, based on statistics of the damage insurance for fishing vessels.* Communication présentée à la deuxième conférence internationale sur les débris marins, avril, Honolulu.

Thomas, D.J., G.D. Greene, W.S. Dural, K.C. Milne et M.S. Hutchenson. 1983. *Offshore oil and gas production waste characteristics, treatment methods, biological effects and their applications to Canadian regions.* Préparé par Arctic Laboratories Ltd., ESL Environmental Sciences Ltd. et SKM Consulting Ltd. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Thomas, D.J., et M.C. Hamilton. 1988. *The Tuktoyaktuk Harbour, N.W.T., benthic biological monitoring program.* Rapport préparé par Seakem Oceanography Ltd. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Thomas, D.J., L.C. Martin et J.P. Ruffell. 1985. *Environmental assessment of dredging technologies.* Préparé par Arctic Laboratories Ltd., ESL Environmental Sciences Ltd., EBA Engineering Consultants Ltd., en association avec Tekmarine Inc. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Timmerman, P., et A.P. Grima. 1988. *Perspectives économiques liées aux répercussions de la variabilité et du changement climatiques : rapport sommaire.* Série des sommaires du changement climatique n° CCD 88–04. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Uthe, J.F., C.L. Chou, D.H. Loring, R.T.T. Rantala, J.M. Bewers, J. Dalziel, P.A. Yeats et R.L. Charron. 1986. « Effect of waste treatment at a lead smelter on cadmium levels in American lobster (*Homarus americanus*), sediments and seawater in the adjacent coastal zone. » *Marine Pollution Bulletin* 17(3) : 118–123.

Vandermeulen, J.H. 1990. « Oil spills: Nature restores coastlines over time. » *The Chronicle–Herald*, 13 janvier, Halifax.

Wagemann, R., et D.C.G. Muir. 1984. *Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation.* Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1279.

Waldichuk, M. 1987. « Alberni Inlet, British Columbia: A multi-use fiord system with fisheries resources and a large waste-disposal component. » Pages 107–136 dans : *Compte rendu du septième Symposium international sur le rejet de déchets en mer, organisé à Wolfville (N.-É.) du 21 au 25 septembre 1987.* Environnement Canada, Ottawa.

Waldichuk, M. 1988. « The nature and extent of marine contamination caused by land-based sources in Canada. » Pages 75–136 dans : Wells, P.G., et J. Gratwick (réd.). *Compte rendu de la Conférence canadienne sur la qualité de l'environnement marin, organisée à Halifax du 29 février au 3 mars 1988.* The International Institute for Transportation and Ocean Policy Studies, Halifax.

Wells, P.G., L. Harding, J. Karau et G. Packman. 1987. « Marine environmental quality in Canada. » Pages 1633–1636 dans : *Oceans 87: The ocean an international workplace. Volume 5.* Compte rendu de la réunion de la Marine Technology Society et de la IEEE Ocean Engineering Society tenue à Halifax (Nouvelle-Écosse), du 28 septembre au 1[er] octobre 1987. Piscataway. IEE Ocean Engineering Society, New Jersey.

Wells, P.G., et S.J. Rolston, (réd.). 1991. *Health of our oceans: a status report on Canadian marine environmental quality.* Conservation et Protection, Environnement Canada, Dartmouth et Ottawa.

Wildish, D.J., W.V. Carson, A.J. Wilson et J.H. Hull. 1974. *Effects of a neutral-sulphite pulp effluent on some chemical and biological parameters in the L'Etang Inlet, New Brunswick. L'Etang Survey II.* Rapport manuscrit n° 1295. Conseil consultatif de recherche sur les pêcheries et les océans, Ottawa.

Wildish, D.J., J.L. Martin, A.J. Wilson, et A.M. DeCoste. 1988. *Environmental monitoring of the Bay of Fundy Salmonid mariculture industry during 1986 and 1987.* Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1648. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Williamson, P., et J. Gribbin. 1991. « How plankton change the climate. » *New Scientist,* 129(1760) : 48–52.

Yuen, K.B. 1990. « Sea level rise: Canadian concerns and strategies. » Dans : Titus, J.G. (réd.). *Changing climate and the coast. Report to the Intergovernmental Panel on climate change from the Miami Conference on adaptive responses to sea level rise and other impacts of global climate change.* Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation météorologique mondiale et U.S. Army Corps of Engineers. Environmental Protection Agency, Washington (D.C.).

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Ouvrages généraux sur la mer et les côtes

Berrill, N.J. 1966. *The life of the ocean.* McGraw-Hill Inc., Toronto.

Carson, R.L. 1951. *The sea around us.* Oxford University Press, New York.

Costello, D.F. 1980. *The seashore world.* T.Y. Crowell, Publisher, New York.

Dobbs, K. 1985. *Coastal Canada.* Discovery Books, Toronto.

Encyclopaedia Universalis. 1989. *Le grand atlas de la mer.* Vérone.

Introduction à l'histoire naturelle et à l'écologie des océans

Carson, R. 1955. *The edge of the sea.* Houghton Mifflin Co., Boston.

Thomas, M.L.H. *Introducing the sea: an introduction to general marine science with emphasis on Canadian maritime coastal waters.* The Huntsman Marine Laboratory, St. Andrews.

Questions relatives à la pollution marine et à la conservation

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Clark, R.B. 1986. *Marine pollution.* Oxford University Press, New York.

Goldberg, E.D. 1979. *La santé des océans.* Presses de l'Unesco, Paris.

Simon, A.W. 1985. *Neptune's revenge: the ocean of tomorrow.* Bantam Books, Toronto.

Simon, A.W. 1988. *The thin edge: coast and man in crisis.* Fitzhenry & Whiteside Ltd., Toronto.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre est l'œuvre commune du personnel de Pêches et Océans Canada et d'Environnement Canada.

Les versions préliminaires du manuscrit ont été préparées par Cynthia Lamson, experte-conseil, Institut canadien des océans (Halifax), et Gregg Sheehy, expert-conseil en environnement (Arnprior, Ontario).

Le personnel de Pêches et Océans Canada qui a participé aux diverses étapes de la préparation du manuscrit réunissait les personnes suivantes : W.D. McKone, L.H. Bain, F. Boulanger, J. Fitzgibbon, G. Packman, M. Farquhar, R.J. Paterson et S.J. Stephen, Administration centrale, R. McCubbin et M. Roberge, région de Terre-Neuve, G.C.H. Harding, région Scotia-Fundy, R. Alexander, région du Golfe, P.P. Marchand, région du Québec, J. Fitzsimons et W.G. Franzin, région centrale et Arctique, et B.D. Smiley et R.C.H. Wilson, région du Pacifique.

Le personnel d'Environnement Canada qui a revu le manuscrit en totalité ou en partie à diverses étapes de son élaboration et qui a fourni de précieux conseils sur son contenu et sa présentation groupait : L. Harding et B. Kay, région du Pacifique et du Yukon, E. Porter et A. d'Entremont, région de l'Ouest et du Nord, J. Karau, C. Kriz, K. Lloyd et J. Anderson, Administration centrale, R. Bisson, Institut national de recherche sur les eaux (Burlington), et W. Barchard et P. Wells, région de l'Atlantique.

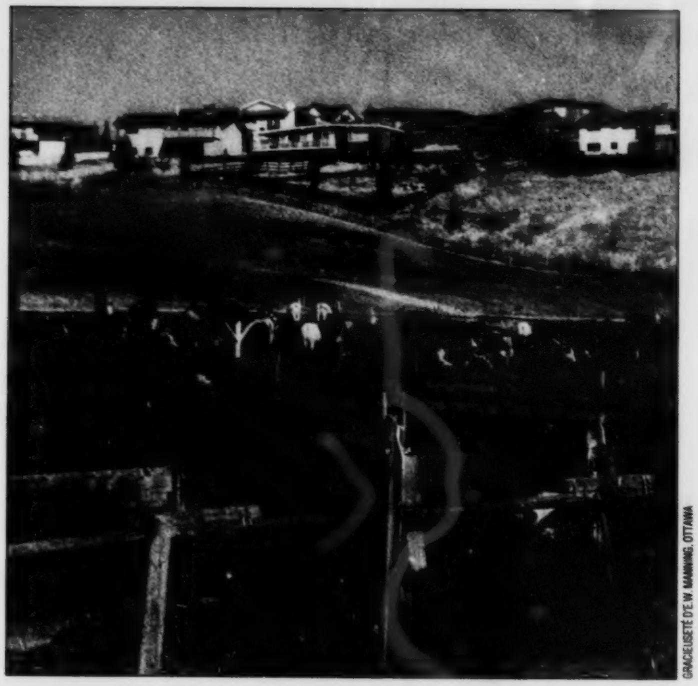
Outre la révision assurée par des membres du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : Robert Fournier, professeur d'océanographie, Université Dalhousie, (Halifax), Tim Parsons, professeur d'océanographie, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver), et David Thomas, Seakem Oceanography Ltd. (Sidney, Colombie-Britannique). Leurs commentaires et leurs informations complémentaires ont été précieux pour l'amélioration du texte.

Ken Yuen (Ottawa) a coordonné la préparation du manuscrit pour le compte de Pêches et Océans Canada.

Terence McRae et Greg Shaw, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), ont assuré la coordination du chapitre au cours de la préparation du manuscrit. Ken Redpath et Paul Quinn, Rapport sur l'état de l'environnement, ont supervisé les dernières étapes de la production du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns et de Marla Sheffer.

5



POINTS SAILLANTS

Les Canadiens ont des façons bien différentes et souvent incompatibles de percevoir la terre et d'en apprécier la valeur : pour certains, la terre fait partie intégrante de tout ce qui vit, pour d'autres, ce n'est qu'un bien que l'on peut acheter ou vendre. Ces divergences de vue si fondamentales conduisent souvent à des conflits dans l'utilisation des terres.

■

Environ 65 % des marais du littoral atlantique, 70 % des milieux humides des Prairies et du sud de l'Ontario et 80 % de ceux du delta du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique, ont été asséchés, principalement à des fins agricoles.

■

De 1981 à 1986, la région urbaine de Toronto a absorbé 100 km^2 des meilleures terres agricoles, tandis qu'Edmonton en accaparait 40 km^2, Montréal, environ 6 km^2 et Vancouver, 6 km^2. L'existence de ce que l'on appelle le « rayonnement urbain » à l'extérieur du centre-ville s'accompagne de vastes répercussions économiques et sociales qui sont généralement préjudiciables à la vie rurale.

■

D'un bout à l'autre du Canada, un grand nombre de sites ont été contaminés par des déchets éliminés de façon inadéquate ou par des déversements accidentels. On peut en dire autant des étendues lointaines de l'Arctique canadien, où des résidus de BPC ont contaminé les sols avoisinant certains sites militaires abandonnés ou encore occupés, ce qui pourrait avoir des conséquences néfastes sur la chaîne alimentaire de l'Arctique.

■

Les terres sont une ressource capitale dont la gestion se complique du fait qu'elles relèvent de plusieurs secteurs de compétence. Tous les paliers gouvernementaux cherchent à élaborer des lois et des politiques visant à favoriser et à protéger l'utilisation durable des terres.

■

Le Canada s'est engagé à réserver 12 % de son territoire à la protection d'écosystèmes représentatifs, comme il est précisé dans le Plan vert du Canada.

■

À l'heure actuelle, les peuples autochtones sont engagés dans 606 revendications territoriales touchant l'administration des terres et d'autres biens et le respect des obligations découlant des traités, de la *Loi sur les Indiens* et de diverses autres lois fédérales.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 5-4

La nature du territoire canadien 5-4

Les principales utilisations des terres 5-5
- Les forêts 5-7
- L'agriculture 5-7
- L'exploitation minière et énergétique 5-8
- Les transports 5-8
- L'urbanisation 5-9
- Le bien commun des Canadiens 5-10
- Les loisirs 5-11

Les répercussions sur l'ensemble du territoire 5-11
- La dégradation des terres 5-12
- La contamination des sols 5-13
- Le changement climatique 5-14

La concurrence et les conflits entourant l'utilisation des terres 5-14
- L'expansion urbaine aux dépens des terres agricoles 5-14
- Le rayonnement urbain 5-15
- La conservation des terres 5-15

La planification de l'utilisation des terres 5-16
- Les autochtones 5-16
- Le gouvernement fédéral 5-17
- Les gouvernements provinciaux et territoriaux 5-18
- Les gouvernements municipaux et régionaux 5-18

Les défis de l'utilisation durable des terres 5-19
- Une connaissance insuffisante du territoire 5-19
- Un véritable labyrinthe administratif 5-20
- La vraie valeur des terres : à la recherche d'une nouvelle définition 5-20

Conclusions 5-20

Ouvrages cités 5-21

Pour de plus amples renseignements 5-22

Remerciements 5-22

Liste des encadrés

5.1 La rivière de la Paix, en Alberta : à la limite des terres agricoles du Canada **5-9**
5.2 Le Plan de l'escarpement du Niagara ou la fin d'un long conflit **5-19**

Liste des figures

5.1 Les écozones terrestres du Canada **5-5**
5.2 Principale couverture terrestre par écodistrict au Canada, 1985 . . . . . **5-7**
5.E1 Région environnante de la rivière de la Paix, en Alberta, et changements dans l'utilisation des terres, 1961–1986 . . . . . **5-11**
5.E2 Potentiel des terres du Canada, selon l'Inventaire des terres du Canada, pour quatre utilisations des ressources dans la région de la rivière de la Paix **5-12**
5.E3 Potentiel élevé pour une seule ou plusieurs utilisations d'une terre, selon l'Inventaire des terres du Canada, en pourcentage de la région de la rivière de la Paix **5-13**
5.E4 Perte de terres à potentiel élevé pour les ongulés et la sauvagine, en raison de l'expansion agricole dans la région de la rivière de la Paix, et menaces pesant sur le reste des terres **5-13**

Liste des tableaux

5.1 Écozones terrestres du Canada : quelques caractéristiques physiques et biologiques et modes d'utilisation des terres **5-6**
5.2 Principale couverture terrestre au Canada **5-7**
5.3 Activités liées aux terres au Canada **5-8**
5.4 Croissance et conversion observées au sein des régions urbaines, ventilées par classe de population, 1981–1986 . . . . . **5-14**
5.5 Total des terres rurales et terres agricoles de choix converties dans 70 régions urbaines canadiennes, 1966–1986 . . . . . **5-15**
5.6 Mode de propriété des terres au Canada **5-17**
5.E1 Tendances de la couverture terrestre dans la région de la rivière de la Paix, 1981–1986 . . . . . **5-12**

> « Les sociétés ont besoin d'un lien direct avec la terre. Nos ancêtres ont d'abord été chasseurs et cueilleurs, puis fermiers et citadins. Nous avons toujours besoin d'un contact avec le sol. Notre inconscient collectif abrite un être qui travaille la terre pour en tirer sa nourriture. Chacun d'entre nous veut s'assurer que la terre — qui lui appartient en propre — ne souffre pas d'un usage excessif. Cette intimité avec la terre n'est pas toujours présente à notre esprit quand nous vaquons à nos occupations de citadins pour atteindre de vagues objectifs; pourtant, elle existe et elle conserve son importance. »
>
> Jerome Martin, 1991

INTRODUCTION

« Terre » — Ce mot a diverses connotations. Il signifie d'abord la terre ferme, l'environnement physique en général, qu'il s'agisse d'une exploitation agricole, d'une ville industrielle ou d'une propriété privée; pour certains, il prend un sens très personnel. Toutes ces associations d'idées démontrent à quel point la notion de « terre » est étroitement liée à la culture, et elles reflètent les différentes façons de la percevoir et d'en apprécier la valeur dans la société canadienne, ce qui donne lieu à des débats particulièrement houleux sur l'utilisation de cette ressource.

Avant l'arrivée des explorateurs et des colons européens en terre maintenant canadienne, les activités humaines n'avaient guère empiété sur les terres. Les peuples autochtones, Indiens et Inuit, vivaient principalement de chasse, de pêche et de cueillette : ce mode de vie et ce type d'économie n'avaient que peu d'incidences sur le territoire comparativement aux habitudes de vie d'aujourd'hui. Certains formaient des peuplements permanents mais ils n'empiétaient pas beaucoup sur l'environnement. Chez les peuples autochtones, la perception de la terre était de nature spirituelle aussi bien qu'écologique. Ils considéraient la terre et les espèces vivantes qu'elle entretenait — dont les humains — comme un tout indivisible.

Les colons européens ont introduit une nouvelle notion de « terre ». Issus de sociétés fondées sur des communautés agricoles et urbaines permanentes, ils avaient un point de vue plus anthropocentrique, plus utilitaire : la terre était un moyen d'assurer leur subsistance. Ils en abattaient les arbres pour le combustible et le bois de sciage, ils la cultivaient pour en tirer leur nourriture et ils y établissaient des peuplements permanents. Ils ont aussi importé la notion de bien personnel. Ce concept de « propriété » de la terre a vu le jour dans une société agraire établie qui éprouvait le besoin de destiner certaines étendues de terre à l'usage exclusif d'une seule personne ou d'une famille. Malheureusement, les limites des propriétés n'avaient souvent que peu de choses en commun avec les formes ou les caractéristiques naturelles du terrain lui-même.

À l'époque moderne, la façon de percevoir la terre a évolué de nouveau avec les exigences d'une économie industrielle. Les colonies ont pris de l'expansion et la concurrence pour un usage diversifié des terres s'est intensifiée; dans ce contexte, on en est venu à considérer la terre surtout comme un bien pouvant faire l'objet d'un achat, d'une vente ou d'une spéculation, selon les exigences du marché. Un grand nombre des activités de l'homme et de la femme modernes — l'extraction mécanique des ressources, l'expansion industrielle et l'urbanisation — ont provoqué la dégradation du sol. Or, ce patrimoine fragile et limité, à savoir la couche supérieure d'une épaisseur de 2,5 cm — soit celle d'un livre de poche —, a mis de 3 à 12 siècles à s'accumuler.

Le public ne va pas jusqu'à percevoir la terre comme une ressource à protéger, comme c'est le cas pour l'air et pour l'eau. Il ne voit pas la terre comme une ressource en soi, mais plutôt comme un endroit d'où sont extraites les ressources. En général, les problèmes touchant les terres ne sont pas traités de façon coordonnée. Ils sont isolés au lieu d'être intégrés, comme dans le cas des décharges publiques que l'on considère comme un simple problème d'élimination des déchets et non comme une question d'utilisation des terres.

LA NATURE DU TERRITOIRE CANADIEN

Au sens strictement physique, la terre est définie comme étant la surface généralement solide du globe en perpétuelle interaction avec l'atmosphère, l'eau de surface et les formes de vie terrestres. À l'échelle de la planète, le Canada est surtout caractérisé par l'abondance de ses terres. À vol d'oiseau, il mesure près de 5 300 km d'un océan à l'autre, depuis Saint-Jean, à Terre-Neuve, jusqu'aux îles de la Reine-Charlotte, en Colombie-

Les écozones terrestres du Canada

Source : Wiken, 1986.

Britannique, et près de 4 600 km depuis Pointe Pelée, dans le sud de l'Ontario, jusqu'à Alert sur l'île d'Ellesmere, dans le Haut-Arctique. Le Canada a une superficie d'environ 9 215 000 km^2, ce qui le place immédiatement derrière l'Union soviétique, qui couvre 22 400 000 km^2. En comparaison, les États-Unis et l'Australie couvrent respectivement des superficies de 9 167 000 km^2 et de 7 818 000 km^2 (Organisation de coopération et de développement économiques, 1989).

La géographie du Canada offre une grande diversité du point de vue du relief, de l'assise rocheuse, des matériaux de surface, des sols et de la végétation. Pour se faire une idée de cette abondance de traits physiques et biologiques et pour mieux comprendre les rapports existant entre eux, on peut établir diverses classifications basées sur les ressemblances entre ces éléments. La figure 5.1 illustre une classification de ce genre, celle des écozones terrestres, qui sont des portions de la surface de la planète représentatives des unités écologiques. Le tableau 5.1 décrit brièvement certaines caractéristiques physiques et biologiques et les différents modes d'utilisation des terres de chaque écozone.

Les couvertures terrestres forment une autre de ces classifications. Comme on pouvait s'y attendre, étant donné l'étendue du Canada et la gamme variée des climats dans un pays aussi vaste, il existe une grande diversité de couvertures, depuis les cultures saisonnières jusqu'à la glace pérenne. La figure 5.2 illustre les principales catégories de couverture terrestre d'après les images du satellite LANDSAT et des photos aériennes. Le tableau 5.2 indique la couverture prédominante pour chaque catégorie de terre ainsi que la superficie et le pourcentage du territoire canadien représentés par chaque catégorie.

LES PRINCIPALES UTILISATIONS DES TERRES

Le Canada jouit d'une grande diversité de paysages, ce qui a permis l'utilisation variée des ressources du territoire. Le tableau 5.3 présente les activités prédominantes sur les terres au Canada ainsi que la superficie et le pourcentage du territoire canadien représentés par chaque catégorie d'activité.

Les humains, par leur utilisation diversifiée de la terre et de ses ressources, ont établi les fondements de l'économie canadienne contemporaine et ont fait du Canada l'un des principaux fournisseurs de matières premières et de denrées vivrières sur les marchés mondiaux. Les forêts du Québec et du sud de l'Ontario ont été défrichées pour faire place aux cultures, et les forêts de conifères, situées plus au nord, ont été exploitées pour fournir le bois d'œuvre pour la construction navale, la construction en général, les traverses de chemin de fer et, plus tard, la pâte pour la fabrication du papier. Au début des années 1900, les pâturages des prairies ont été transformés en cultures de labour et en exploitations agricoles. Plus récemment, des barrages ont inondé de vastes étendues de terre pour la production d'hydroélectricité, surtout au Nouveau-Québec et en Colombie-Britannique. Des puits de pétrole et de gaz ont été forés dans tous les bassins sédimentaires des provinces de l'Ouest. Ces activités largement répandues ont non seulement modifié les terres, mais elles ont aussi amené les Canadiens à changer leur perception de cette ressource considérée jusque là comme une richesse quasi illimitée.

TABLEAU 5.1

Écozones terrestres du Canada : quelques caractéristiques physiques et biologiques et modes d'utilisation des terres

Nº	Écozone	Relief	Sols; matériaux de surface	Climat	Végétation	Faune (mammifères; oiseaux)	Utilisation des terres	Collectivités
1.	Toundra de la cordillère	Montagnes	Cryosols, brunisols; colluvions, moraines, roche	Froid, semi-aride	Toundra à buissons, herbe, mousse et lichens	Mouflon de Dall, caribou de Grant, ours noir, grizzli; faucon pèlerin, lagopède	Piégeage, chasse, mines, tourisme et loisirs, pétrole et gaz naturel	Old Crow
2.	Cordillère boréale	Montagnes; quelques collines, plaines	Brunisols, cryosols; colluvions, moraines, roche	Assez froid, humide	Forêt mixte de conifères et de feuillus; un peu de toundra, forêt claire	Orignal, mouflon de Dall, grizzli, ours noir; lagopède, tétras du Canada	Chasse, piégeage, forêts, tourisme et loisirs, mines	Whitehorse, Dawson, Faro, Teslin, Haines Junction, Mayo Landing
3.	Maritime du Pacifique	Montagnes; quelques plaines côtières	Podzols, brunisols; colluvions, moraines, roche	Doux, tempéré, très pluvieux	Forêt côtière de conifères	Ours noir, grizzli, couguar; huîtrier de Bachman, macareux huppé	Forêts, transformation du poisson, urbanisation, agriculture	Vancouver, Victoria, Prince-Rupert, Nanaimo, Port Alberni, Chilliwack
4.	Cordillère montagnarde	Montagnes et plaines intérieures	Luvisols, brunisols; moraines, colluvions, roche	Assez froid, de humide à aride	Forêt de conifères, toundra alpine, pâturages de l'intérieur	Caribou des bois, cerf mulet, orignal, wapiti, chèvre de montagne; tétras sombre, geai de Steller	Forêts, agriculture, tourisme et loisirs	Prince-George, Kelowna, Kamloops, Williams Lake, Vernon, Penticton, Nelson, Trail, Cranbrook, Quesnel
5.	Plaines boréales	Plaines; quelques avant-monts	Luvisols; moraines, dépôts lacustres	Froid, humide	Forêt mixte de conifères et de feuillus	Caribou des bois, cerf mulet, orignal, ours noir, castor, rat musqué; nyctale boréale, geai bleu	Forêts, agriculture, tourisme et loisirs, pétrole et gaz naturel, agriculture marginale dans le sud	La Ronge, Le Pas, Flin Flon, Peace River, Fort Vermilion, Hinton
6.	Taïga des plaines	Plaines; quelques avant-monts	Cryosols, brunisols; dépôts organiques et lacustres, moraines	Froid, de semi-aride à humide	Forêt mixte de conifères et de feuillus; couvert clairsemé à dense	Orignal, caribou des bois, bison des bois, loup, ours noir, écureuil roux; pie-grièche grise, tétras du Canada	Chasse, piégeage, tourisme et loisirs, pétrole et gaz naturel, agriculture marginale dans le sud	Inuvik, Fort Simpson, Wrigley, Norman Wells, Aklavik, Hay River, Fort McPherson, Pine Point, Fort Smith
7.	Prairies	Plaines; quelques avant-monts	Sols chernozémiques; moraines, dépôts lacustres	Froid, semi-aride	Herbe; forêt de feuillus dispersés («tremblaie-parc»)	Cerf mulet, cerf de Virginie, antilope d'Amérique, coyote, chien de prairie; gélinotte des armoises, chouette des terriers	Agriculture, urbanisation, loisirs, pétrole et gaz naturel	Calgary, Winnipeg, Edmonton, Regina, Saskatoon, Lethbridge, Red Deer, Prince Albert, Brandon
8.	Taïga du Bouclier	Plaines; quelques collines intérieures	Cryosols, brunisols; moraines, roche	Froid, de humide à semi-aride	Couvert clairsemé de conifères et de feuillus; un peu de toundra à lichens et à buissons	Orignal, caribou de la toundra, loup, lièvre d'Amérique, écureuil roux; phalarope hyperboréen, pie-grièche grise	Tourisme et loisirs, quelques mines, un peu de chasse et de piégeage	Yellowknife, Goose Bay, Uranium City, Churchill Falls, Labrador City, Kuujjuarapik
9.	Bouclier boréal	Plaines; quelques collines intérieures	Podzols, brunisols; moraines, roche, dépôts lacustres	Froid, humide	Forêt de conifères, forêt mixte de conifères et de feuillus	Cerf de Virginie, orignal, ours noir, loup-cervier, martre, écureuil roux; nyctale boréale, geai bleu	Forêts, mines, tourisme et loisirs, chasse, piégeage	Thunder Bay, Saint-Jean (Terre-Neuve), Sudbury, Sault-Sainte-Marie, Chicoutimi, North Bay, Sept-Îles, Gander
10.	Plaines hudsonniennes	Plaines	Cryosols; dépôts organiques et marins	De froid à doux, semi-aride	Milieux humides; un peu de toundra à lichens, mousse et herbe, forêt de conifères	Caribou des bois, orignal, ours noir, martre, renard arctique; bernache du Canada	Chasse, piégeage, loisirs	Churchill, Moosonee, Attawapiskat
11.	Plaines de forêts mixtes	Plaines; quelques collines intérieures	Luvisols; moraines, dépôts marins, roche	De frais à doux, humide	Forêt mixte de feuillus et de conifères	Cerf de Virginie, renard roux, raton laveur, mouffette rayée, castor, écureuil gris; grand héron, geai bleu	Agriculture, urbanisation, tourisme et loisirs	Toronto, Montréal, Windsor, Hamilton, Québec, Ottawa, London, Mississauga, Sherbrooke
12.	Maritime de l'Atlantique	Collines et plaines côtières	Brunisols, luvisols; moraines, colluvions, dépôts marins	Frais, pluvieux	Forêt mixte de feuillus et de conifères	Cerf de Virginie, orignal, ours noir, coyote, raton laveur; geai bleu, merle-bleu de l'Est	Forêts, agriculture, transformation du poisson, tourisme et loisirs	Halifax, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick), Dartmouth, Charlottetown, Moncton, Sydney, Rimouski
13.	Bas-Arctique	Plaines; quelques collines intérieures	Cryosols; moraines, roche, dépôts marins	Froid, sec	Toundra à buissons et herbe	Caribou de la toundra, loup, grizzli, renard arctique, spermophile arctique, lemming; huart arctique, lagopède, harfang des neiges	Chasse, piégeage, tourisme et loisirs	Tuktoyaktuk, Rankin Inlet, Arviat, Coral Harbour, Igloolik, Paulatuk
14.	Haut-Arctique	Plaines et collines	Cryosols; moraines, roche, dépôts marins	Très froid, sec	Toundra à lichens et herbe	Caribou de Peary, bœuf musqué, loup, lièvre arctique; huart à gorge rousse, bernache cravant, lagopède, grande oie des neiges	Chasse, tourisme et loisirs, quelques mines	Iqaluit, Cambridge Bay, Holman, Arctic Bay, Spence Bay, Pangnirtung, Sachs Harbour, Cape Dorset, Resolute
15.	Cordillère arctique	Montagnes	Cryosols; glace, neige, colluvions	Extrêmement froid, sec	Presque sans végétation; un peu de toundra à buissons et herbe	Ours polaire (le long de la côte), lièvre arctique; fulmar boréal, grand gravelot, bruant des neiges	Chasse	Pond Inlet, Clyde River, Broughton Island

Source : Wiken, 1986.

Principale couverture terrestre par écodistrict au Canada, 1985

Source : Rubec, 1989.

Principale couverture terrestre au Canada, 1985

Classe de couverture terrestre	Couverture prédominante dans la classe	Superficie[a] (000 km²)	% du total pour le Canada[b]
Forêt et taïga	Forêt à couvert dense et (ou) peuplements clairs avec occurrences secondaires de milieux humides, terres stériles ou autres	4 456	45
Toundra et végétation clairsemée	Couverture végétale dense à clairsemée à nulle, surtout en milieu arctique ou alpin	2 303	23
Milieux humides	Fens arborés et non arborés, marais, marécages, eau de surface peu profonde et marais côtiers	1 244	12
Eau douce	Lacs, cours d'eau et réservoirs	755	8
Terres labourables	Terres clôturées (incluant les terres labourables et les pâturages), haies, exploitations agricoles et vergers	658	6
Pâturages libres	Pâturages généralement non clôturés, y compris les prairies naturelles pas forcément utilisées à des fins agricoles	203	2
Glace et neige	Glace et champs de neige pérennes (glaciers, calottes glaciaires)	272	3
Terrain construit	Terres urbaines et industrielles	79	1
Total		**9 970**	**100**

[a] Inclut la superficie de toutes les terres et de toutes les masses d'eau douce.

[b] Chiffres arrondis au pourcentage le plus proche.

Remarque: Les données de ce tableau sont tirées d'images satellitaires et peuvent différer légèrement d'autres sources de données.

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1989.

Les principaux secteurs d'utilisation des terres — l'aménagement forestier, l'agriculture, l'exploitation minière et énergétique, les transports et le développement urbain — ainsi que les problèmes soulevés par ces activités font l'objet d'une étude plus détaillée ci-dessous.

Les forêts

La contrainte la plus durable et la plus négative que puisse subir un terrain forestier est l'absence de régénération d'une forêt d'intérêt commercial sur les sites de coupe totale (Simpson-Lewis et collab., 1983). À l'heure actuelle, on a recours à la coupe à blanc pour 89,6 % de l'exploitation forestière faite au Canada. De plus, sur les 10 000 km² de forêts exploitées en 1988, seuls 8 230 km² ont été régénérés (Forêts Canada, 1991); environ 18 % des forêts n'ont donc pas été reboisées.

L'agriculture

Bien que le Canada soit un pays très vaste, seulement 5 % de son territoire — environ la superficie des quatre provinces de l'Atlantique — convient à une grande variété de cultures. Une bonne partie de ce territoire très restreint à haut rendement fait l'objet de modifications. Même si la superficie totale réservée à l'agriculture n'a presque pas changé au cours des dernières années, la qualité des terres cultivées a baissé. Beaucoup de terres agricoles très productives sont maintenant occupées par des agglomérations urbaines. Ironie du sort, les terres agricoles affectées à l'urbanisation convenaient dans de nombreux cas à une vaste gamme de cultures, tandis que les terres aménagées pour l'exploitation agricole, principalement dans le nord des provinces des Prairies (voir la figure 5.E1) et de la Colombie-Britannique, ont une productivité beaucoup plus faible et ne conviennent qu'à un éventail réduit de cultures. Cette diminution nette de la qualité des terres agricoles n'a été que partiellement compensée par la tendance vers une production plus intensive de cultures davantage lucratives.

Comme l'exploitation forestière, l'agriculture s'est progressivement mécanisée, ce qui a conduit à une utilisation

TABLEAU 5.2

Activités liées aux terres au Canada

Classe d'activité liée aux terres	Activité prédominante dans la classe	Superficie[a] (000 km²)	% du total pour le Canada[b]
Foresterie	Exploitation forestière active ou potentiel pour exploitation future	2 440	24
Loisirs et conservation	Activités de loisirs et de conservation dans les parcs nationaux, provinciaux et territoriaux; et réserves fauniques, sanctuaires, etc.	708	7
Agriculture	Culture sur terres améliorées (terres labourables, pâturages améliorés, jachère) et sur terres non améliorées	678	7
Activités urbaines et industrielles	Activités résidentielles et industrielles des milieux urbains	72[c]	1
Autres activités	Inclut la chasse et le piégeage, les mines, l'exploitation énergétique et les transports	6 072	61
Total		**9 970**	**100**

[a] Inclut la superficie de toutes les terres et de toutes les masses d'eau douce.

[b] Chiffres arrondis au pourcentage le plus proche.

[c] Inclut seulement les 25 principales régions métropolitaines.

Source : Environnement Canada, 1985.

plus intensive des terres. Ces contraintes se manifestent de bien des façons, directes ou plus subtiles, tant à la ferme que dans son milieu environnant : érosion hydrique et éolienne, contamination du sol et de l'eau résultant de l'utilisation massive de pesticides et d'engrais, culture de terres marginales aux dépens des autres valeurs du territoire, notamment pour les forêts, la faune ou les loisirs.

À ces contraintes internes viennent s'ajouter des forces externes importantes, telles que les tendances de la concurrence internationale et le changement climatique global à long terme, qui auront des répercussions sur l'utilisation agricole des terres au Canada.

L'exploitation minière et énergétique

Même si l'exploitation minière ou énergétique n'accapare pas une portion considérable des terres à l'échelle nationale, elle joue toutefois un rôle important dans l'économie canadienne et se pratique sur une vaste étendue géographique. L'industrie minière utilise directement moins de 0,03 % de la superficie des terres du Canada. Plus de la moitié de ces terres consistent en puits et en carrières où se fait l'extraction de granulats destinés à la construction, comme le sable, le gravier et la pierre concassée (Marshall, 1982). L'emplacement d'un forage pour le pétrole ou le gaz n'occupe en général qu'environ 0,015 km², à l'exclusion des aires de stockage. Même si ces chiffres peuvent sembler insignifiants, les industries minière et énergétique peuvent avoir des incidences considérables sur les terres (voir les chapitres 11 et 12). Les paysages de l'Arctique, en particulier, peuvent être facilement endommagés et sont lents à retrouver leur équilibre, même par suite de faibles perturbations liées à la prospection ou à l'exploitation du pétrole et du gaz (voir le chapitre 15). L'élimination des résidus miniers et des autres déchets industriels accapare souvent une plus grande superficie que les sites miniers eux-mêmes. Les sablières et les gravières sont souvent situées près des zones de peuplement. L'extraction des granulats peut détruire les terres labourables de choix ou d'excellents pâturages et peut faire diminuer considérablement l'attrait touristique des paysages.

Les barrages et réservoirs destinés à la production de l'énergie hydroélectrique utilisent de plus en plus de terres. Par exemple, le projet d'aménagement hydroélectrique de La Grande dans la région de la baie James, au Nouveau-Québec, entrepris en 1972, a inondé au total 10 000 km² de terres (environ la superficie de l'île du Cap-Breton), dont de nombreux circuits de piégeage traditionnels des Cris, et cette superficie pourrait augmenter considérablement avec l'implantation des deuxième et troisième phases des projets hydroélectriques au Nouveau-Québec. En Colombie-Britannique, par exemple, on s'inquiète du fait que le projet du Site C sur la rivière de la Paix, au sud-ouest de Fort St. John, puisse réduire la superficie d'importants habitats fauniques et de terres à haut rendement agricole (Thompson, 1990).

Les transports

Les réseaux de transport routier, ferroviaire et aérien assurent à la population un service vital mais ils produisent quantité d'effets nocifs pour l'environnement et la société. Les routes modifient souvent l'écoulement des eaux de pluie, ce qui augmente l'érosion et endommage la végétation en bordure des chemins. Les voies ferrées, moins populaires ces dernières années malgré leurs avantages comme moyen de transport en commun, peuvent avoir des répercussions négatives sur l'environnement, car elles bloquent souvent les corridors utilisés par la faune et détournent les espèces fauniques de leurs habitats familiers.

Les aéroports occupent de vastes étendues de terres agricoles de choix. Par exemple, en 1969, le gouvernement fédéral a exproprié 360 km² de terres pour construire l'aéroport international de Mirabel, à 60 km au nord de Montréal. Plus de 2 200 familles, dont beaucoup occupaient des fermes centenaires, ont été délogées, même si la construction de l'aéroport n'a exigé que 20 km², soit environ 5,6 % des terres expropriées. Finalement, après 22 ans, le gouvernement a revendu ou loué aux anciens résidants la plupart des terres expropriées et les champs fertiles ont de nouveau été rendus à la production agricole (Picard, 1991).

Bien qu'il soit possible de déterminer les répercussions environnementales

éventuellement négatives des transports, il est plus difficile de quantifier et d'évaluer ces effets et d'en tenir compte pour l'aménagement et la gestion des terres. Par suite des interrelations qui existent entre les modes de transport et les formes d'utilisation des terres, il peut s'avérer difficile de cerner les incidences environnementales des moyens de transport. Les répercussions secondaires ou indirectes sont également difficiles à évaluer. À ce sujet, on peut citer deux exemples : les activités de développement urbain suivent souvent les travaux de construction ou d'expansion d'un aéroport, et une nouvelle route peut, sans qu'on l'ait voulu, accroître l'accès à des lieux sauvages.

L'urbanisation

Un simple survol statistique nous donne l'impression que le Canada est un vaste pays inhabité. Sa densité de population moyenne, qui atteint 2,75 habitants au kilomètre carré (Statistique Canada, 1990), est extrêmement faible comparée à celle de Singapour (près de 4 400) ou des Pays-Bas (environ 435) (World Resources Institute, 1990). Au Canada, la répartition de la population est toutefois plus significative que les chiffres seuls, car la majorité des gens vivent dans la partie sud du pays, là où les ressources sont généralement plus abondantes et où le climat est plus favorable.

Le développement urbain joue aussi un rôle dans la dégradation des terres. L'emplacement de maisons et autres bâtiments à des endroits assujettis à des risques matériels (p. ex., dans un périmètre d'inondation, sur une pente instable ou sur un littoral en érosion) peut déclencher ou accélérer les processus de dégradation, notamment l'érosion en nappes et les affaissements de terrain. Si les travaux d'excavation d'un site et de construction d'immeubles, de routes et d'oléoducs sont mal exécutés, cela peut entraîner l'érosion des sols et, par la suite, une dégradation des terres dans les régions où le sol s'est redéposé.

Le Canada que la plupart d'entre nous connaissent est donc plutôt urbain et ne cesse de s'urbaniser. La proportion de Canadiens citadins a augmenté de façon régulière depuis la Confédération,

La rivière de la Paix, en Alberta : à la limite des terres agricoles du Canada[1]

Le révérend J. Gough Brisk a démontré le potentiel agricole de la région de la rivière de la Paix, dans le nord-ouest de l'Alberta, en gagnant le championnat mondial du blé lors de l'Exposition de Chicago de 1893 (*Canadian Encyclopedia*, 1985). Par la suite, pendant la majorité des années 1900, le gouvernement de l'Alberta a encouragé l'expansion agricole dans la région en offrant, gratuitement ou à peu de frais, des « concessions agricoles » et en déclarant la région libre de tout contrôle par les forestiers.

Un siècle après l'action d'éclat de Brisk, les basses terres de la rivière de la Paix, qui couvrent une superficie d'environ 45 000 km² (figure 5.E1), sont les zones agricoles limitrophes qui connaissent l'expansion la plus rapide au Canada. En 1961, on avait réaménagé 26,3 % de la région à des fins agricoles. Toutefois, en 1986, l'agriculture s'était déjà taillé la part du lion puisqu'elle avait accaparé 46,2 % du territoire : il ne restait qu'un peu plus de la moitié du territoire à l'état naturel, c'est-à-dire recouvert de forêts (tableau 5.E1).

Pendant ces 25 années, environ 360 km², soit 20 % des terres forestières, ont été défrichés pour faire place à l'agriculture. Même si l'étendue de la région et la complexité des écosystèmes et des problèmes environnementaux présentent une énorme différence, ce taux de déboisement de 0,81 % par année est comparable à celui de l'Amazonie où, entre 1975 et 1986, on a défriché 0,87 % des forêts chaque année (Mahar, 1989).

Pour paraphraser, disons que toutes les terres ne naissent pas égales. Pour que les planificateurs de ressources choisissent le meilleur usage possible d'une terre, ils doivent tout d'abord disposer d'un instrument de mesure leur permettant d'évaluer les possibilités de la terre et la superficie disponible dans une région donnée. L'Inventaire des terres du Canada (ITC) a été conçu pour évaluer les possibilités des terres pour l'agriculture, les forêts, les loisirs et la faune.

L'analyse de l'ITC révèle que les terres situées dans la région de la rivière de la Paix conviennent, à des degrés divers, à un grand nombre d'utilisations (figure 5.E2) : l'agriculture (surtout les cultures céréalières comme le blé, l'orge et l'avoine), les forêts (surtout les essences dont le bois sert à la fabrication de la pâte, comme l'épinette blanche, l'épinette noire et le peuplier faux-tremble), les ongulés (comme l'orignal, le cerf mulet, le cerf de Virginie et le wapiti) et la sauvagine (surtout les canards, comme le canard colvert, le canard souchet, la sarcelle à ailes bleues et le canard siffleur d'Amérique). Dans l'ensemble, la superficie qui convient très bien aux forêts (70 %) et à l'agriculture (47 %) est relativement élevée par rapport à celle qui est propice pour les ongulés (32 %) et la sauvagine (3 %).

Près de 55 % des terres de la région présentent des possibilités élevées de servir à plus d'un secteur de ressources (figure 5.E3). Par exemple, 40 % des terres possèdent un vaste potentiel pour les forêts comme pour l'agriculture. Étant donné que seulement 5 % des terres de la région ont un potentiel élevé uniquement à des fins agricoles, l'expansion rapide de l'agriculture s'est évidemment faite aux dépens d'autres secteurs.

L'évolution de l'utilisation des terres dans cette région illustre clairement la concurrence et les conflits associés à des utilisations diverses ainsi que les compromis qu'il faut faire lorsqu'on choisit une ressource plutôt qu'une autre. Comme c'est l'agriculture qui est la grande gagnante, la forêt est la grande perdante (voir la figure 5.E1 et le

[1] Depuis 1986, aucun programme national de surveillance ne repère les changements qui se produisent dans les diverses utilisations des terres. En l'absence de données nationales, une étude de cas détaillée de la région de la rivière de la Paix, en Alberta, a été préparée pour illustrer la concurrence et les réaménagements qui s'y produisent.

[illegible]

tableau 5.E1). Dès 1986, la moitié du territoire particulièrement propice aux forêts avait effectivement été convertie à des fins agricoles; de même, 40 % des meilleures terres pour ongulés et 43 % de l'habitat de la sauvagine avaient été victimes de la charrue. Près du quart (23 %) des terres restantes particulièrement propices aux ongulés et à la sauvagine pourraient subir le même sort (figure 5.E4).

L'expansion agricole n'a pas toujours été harmonieuse. Un tiers des terres labourables se trouve sur des terrains qui ne sont pas très propices à l'agriculture, en dépit du fait que beaucoup de terres à fort potentiel agricole n'ont pas encore été exploitées. On en est arrivé là parce que les agriculteurs qui voulaient augmenter la superficie des terres cultivables avaient tendance à utiliser les terres de qualité moyenne proches de leur propriété plutôt que de s'aventurer sur de meilleures terres dans des régions plus éloignées.

L'expansion de l'agriculture a été rapide et ne s'est pas toujours produite sur les terres les plus propices à cet usage, ce qui peut avoir de graves conséquences sur la pérennité d'autres ressources. L'histoire nous a démontré que les pressions exercées en faveur de l'agriculture aux dépens d'autres ressources sont très fortes. Dans certaines zones du sud de l'Ontario, par exemple, plus de 90 % des milieux humides recensés avant le peuplement de cette région ont été convertis à des fins agricoles principalement (Snell, 1987).

Les décideurs de tous les échelons, depuis les principaux producteurs jusqu'aux politiciens, choisissent souvent d'aménager des terres à des fins agricoles en raison des bénéfices économiques à court terme que cela comporte plutôt que de favoriser ou de protéger d'autres formes d'utilisation des ressources, comme les habitats fauniques, dont la valeur économique est peut-être mal définie. Bien que les ressources fauniques ne possèdent pas les mêmes caractéristiques économiques que les forêts et l'agriculture, elles n'en ont pas moins une valeur économique (Filion et collab., 1989).

À l'heure actuelle, l'utilisation des terres n'en est pas à un seuil critique dans la région. Si l'on continue de favoriser largement le développement de l'agriculture dans la région de la rivière de la Paix, on atteindra un point où les habitats fauniques et les forêts ne pourront plus se révéler durables. À ce moment-là, il se pourrait bien que les gestionnaires et les planificateurs des ressources éprouvent le besoin de protéger, d'une façon ou d'une autre, les terres restantes pour assurer la pérennité des ressources.

Source : A.M. Turner, Environnement Canada, communication personnelle.

passant de moins de 20 % en 1867 à plus de 75 % en 1986 (voir le chapitre 13). De 1971 à 1986, la population urbaine a augmenté d'environ trois millions d'habitants tout en accaparant 955 km² de terres rurales. Cette croissance a surtout été constatée en bordure de grands centres métropolitains comme Toronto, Montréal et Vancouver, et cette tendance se poursuivra sans doute à l'avenir. La population de la région du Grand Toronto, par exemple, devrait passer de 3,73 millions d'habitants en 1986 à 6,02 millions en 2021 (Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, 1991). Si les profils de développement se poursuivent au même rythme dans le Grand Toronto, la croissance démographique anticipée fera augmenter de 900 km² la superficie urbaine de la ville d'ici 2021.

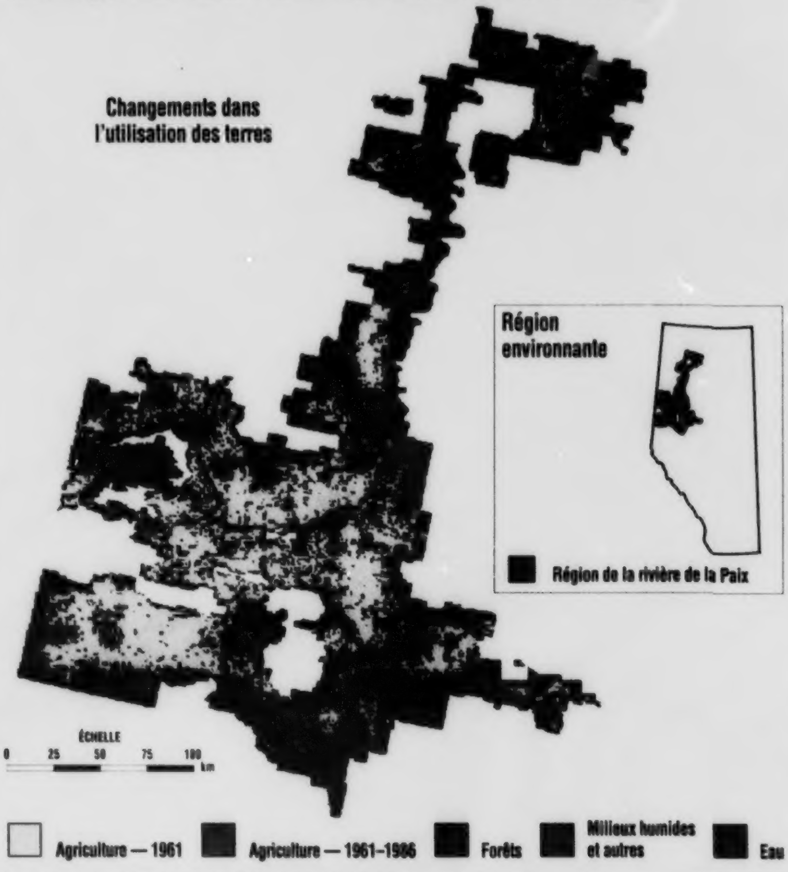
En termes purement quantitatifs, moins de 1 % de la superficie totale du Canada est urbanisée. Malgré les préoccupations générales entourant la croissance continue des grandes villes, la croissance des petites villes consomme en réalité plus de terres par habitant, comme il est indiqué au tableau 5.4. De 1981 à 1986, les neuf plus grandes villes du Canada ont contribué à la conversion d'environ 22 % seulement de la superficie totale accaparée par les 26 villes situées dans la classe démographique la plus faible, en faisant un calcul par habitant. Qu'il s'agisse de grandes ou de petites villes, les répercussions de l'essor urbain sur l'utilisation des terres sont hors de proportion avec la superficie territoriale effectivement occupée.

Le bien commun des Canadiens

Les terres ne servent pas qu'à produire des biens de consommation ou à offrir un espace vital. Certaines terres ont été désignées pour des loisirs de plein air, des habitats fauniques et des réserves. L'ensemble de ces terres constitue certainement un bien commun car, étant du domaine public, tous les Canadiens peuvent en profiter, soit pour leur usage commun (p. ex., les loisirs), soit pour la protection de leur patrimoine culturel et naturel commun (p. ex., la conservation). Au total, environ 708 000 km², soit 7,1 % de la superficie du Canada, ont été désignés à des fins de conservation ou de loisirs par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux (voir le chapitre 7).

Il est difficile d'évaluer avec précision le territoire à consacrer à ce bien commun. Si l'expansion urbaine se poursuit, il y aura certainement une demande accrue pour les espaces réservés aux activités récréatives (ski, camping, randonnée pédestre, chasse et pêche), et la nécessité de protéger les habitats fauniques, les approvisionnements en eau et les écosystèmes fragiles ou représentatifs se fera plus pressante. Toutefois, de telles utilisations des terres concurrencent souvent directement d'autres entreprises commerciales foncières, notamment l'exploitation forestière, l'agriculture et le développement urbain. En décembre 1990, le gouvernement fédéral annonçait dans son Plan vert que 12 % de la superficie totale du pays serait déclarée territoire protégé, ce qui inclut au moins cinq nouveaux parcs nationaux d'ici 1996.

Région environnante de la rivière de la Paix, en Alberta, et changements dans l'utilisation des terres, 1961–1986



Source : Inventaire des terres du Canada, Environnement Canada.

Les loisirs

Des activités récréatives peuvent être pratiquées dans les régions urbaines, rurales et sauvages. À mesure que l'utilisation des zones récréatives urbaines s'intensifie, les sites champêtres et sauvages sont de plus en plus recherchés. En outre, la hausse des coûts du logement urbain amène souvent un plus grand nombre de gens à élire domicile à la campagne; une fois installés, ils peuvent décider de transformer leur résidence d'été en habitation permanente et de faire la navette pour aller au travail. En choisissant ce mode de vie, les gens exigent inévitablement davantage de leur milieu naturel au moment même où ils cherchent à en profiter. Les activités récréatives ont donc des effets néfastes sur l'environnement, notamment dans les cas suivants :

- Le sol est souvent contaminé par les aménagements récréatifs tels que les terrains de golf, où pesticides, engrais et herbicides sont couramment employés pour l'entretien des terrains. L'élimination des ordures et des déchets solides constitue un problème grave dans les zones récréatives.

- L'emplacement et la construction d'habitations saisonnières ainsi que l'aménagement de sites récréatifs de grande envergure peuvent supprimer la couche arable, augmenter le ruissellement et contribuer à l'inondation et à la détérioration du milieu.

- Les activités récréatives regroupées sur un site peuvent endommager les plantes et les habitats en raison des modifications du littoral, des défrichements de terres et autres changements auxquels elles donnent lieu.

Lang et Armour (1980) affirment : « Les effets indirects des loisirs peuvent également affecter l'environnement en entraînant l'aménagement de secteurs où il n'y en aurait pas ou en l'accélérant. Les pentes de ski attirent la construction de chalets, les lacs ou les mers, celle de maisons de villégiature, les plages, celle d'hôtels et de motels, les parcs, les autos qui ont besoin de routes, de stations-service et de parcs de stationnement; l'aménagement de lieux de villégiature entraîne aussitôt un cortège inévitable de restaurants et d'établissements d'approvisionnement et de services. » Les facteurs en cause ne sont pas toujours reliés au tourisme. Ainsi, l'utilisation des terres par les gens qui recherchent des activités récréatives en milieu rural menace les collectivités agricoles proches des villes.

LES RÉPERCUSSIONS SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE

Ce n'est que depuis quelques années que nous en sommes arrivés à la conclusion évidente que les terres, comme tout ce qui se trouve sur cette planète, sont une ressource limitée. Ajoutons que, au Canada, les terres répondant aux exigences de plus en plus complexes d'un large éventail d'utilisateurs sont effectivement en nombre limité. Les répercussions sur l'ensemble du territoire pourraient augmenter par suite de la dégradation des terres, de la contamination des sols et du changement climatique.

TABLEAU 5.E1

Tendances de la couverture terrestre dans la région de la rivière de la Paix, 1961–1986

Classe de couverture terrestre	1961 Superficie (km²)	1961 % de la région	1986 Superficie (km²)	1986 % de la région	Changement, 1961-1986 Superficie (km²)	Changement, 1961-1986 Par classe (%)
Terres agricoles[1]	11 861,1	26,3	20 852,8	46,2	+ 8 991,7	+75,8
Forêts[2]	32 042,3	71,0	23 059,1	51,1	- 9 151,6	-28,6
Milieux humides	528,4	1,2	498,0	1,1	-30,4	-5,7
Eau	457,1	1,0	457,4	1,0	-0,3	+<0,1
Autres[3]	213,2	0,5	234,8	0,5	+21,6	+10,1
Total[4]	45 102,1	100,1	45 102,1	99,9		

[1] Inclut les champs en culture et les vieux champs agricoles (environ 92% de la superficie totale des terres agricoles), de même que les pâturages et les parcours.

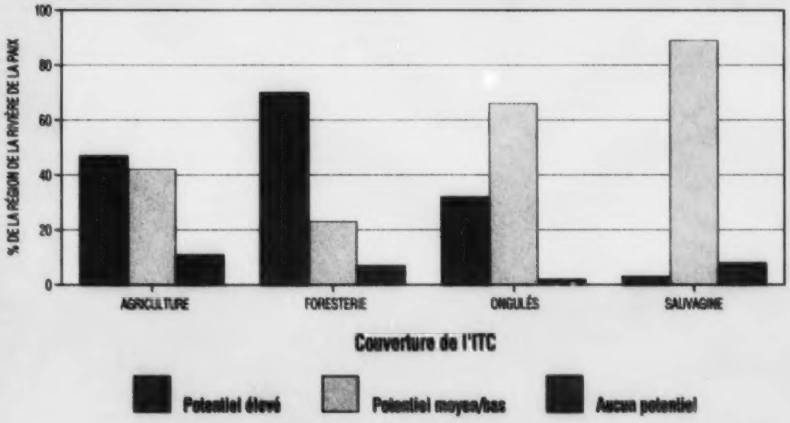
[2] Inclut les terrains forestiers coupés à blanc.

[3] Inclut les terrains construits et les superficies rocheuses et sableuses dénudées.

[4] On trouve d'autres formes d'utilisation des terres dans chacune des classes de couverture; elles sont cependant trop petites pour être cartographiées à l'échelle de l'étude (p.ex., exploration et développement de sites pétrolifères et gazifères, lignes de transport de l'électricité et routes).

FIGURE 5.E2

Potentiel des terres du Canada, selon l'Inventaire des terres du Canada (ITC), pour quatre utilisations des ressources dans la région de la rivière de la Paix



Source : Inventaire des terres du Canada, Environnement Canada, 1990.

La dégradation des terres

Il y a dégradation des terres lorsque les pratiques humaines portent atteinte à la nature physique des terres : on assiste alors à une diminution et même à une destruction de leur productivité à long terme et de leur capacité à entretenir la vie et les écosystèmes autosuffisants.

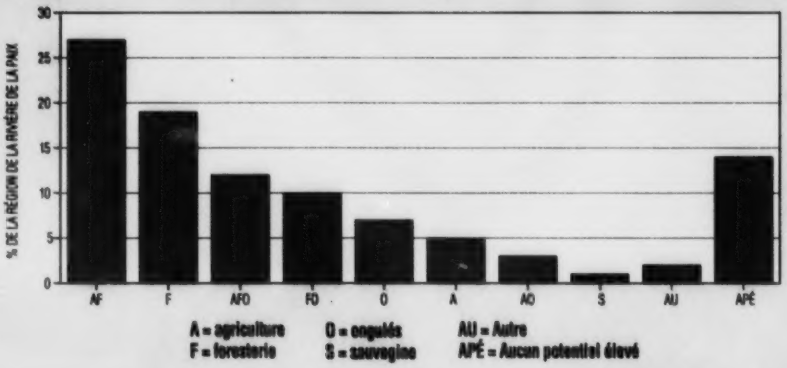
Les formes les plus courantes de dégradation englobent l'érosion, la contamination, la salinisation et le compactage des sols.

Il arrive que la terre soit utilisée d'une façon peu appropriée, peu judicieuse ou même franchement dangereuse, ce qui conduit en fin de compte à la dégradation du territoire. Citons comme exemple la culture d'une terre marginale qui ne peut produire qu'un faible rendement, pratique courante dans la zone de transition entre les terres agricoles productives et la forêt boréale. Les dernières terres vierges productives des Prairies ont été mises en culture dans les années 1960, mais l'agriculture a continué son expansion sur des terres qui conviennent physiquement davantage à d'autres usages, notamment comme terrains forestiers, habitats fauniques ou pâturages. En dehors d'une faible production et, donc, d'une mauvaise rentabilité, la culture de ces terrains réduit inévitablement la fertilité et se solde par l'abandon de la terre ainsi appauvrie.

La formation des sols est un processus très lent : dans les conditions naturellement présentes au Canada, elle s'effectue à un rythme moyen inférieur à 0,5 cm par siècle. Toutefois, lorsque l'élimination de la végétation laisse le sol à découvert, celui-ci peut être érodé, transporté et redéposé dans un laps de temps très court. La colonisation rapide des Prairies canadiennes dans les années 1920 et l'habitude de labourer de vastes étendues de pâturages naturels sans se préoccuper de la stabilité du sol ou de sa capacité culturale, tout cela a vite amené la sécheresse, les sauterelles, la rouille du blé et l'érosion éolienne. La perte de sol dans les Prairies n'a pas cessé, malgré les mesures préventives prises à cet égard (voir le chapitre 17).

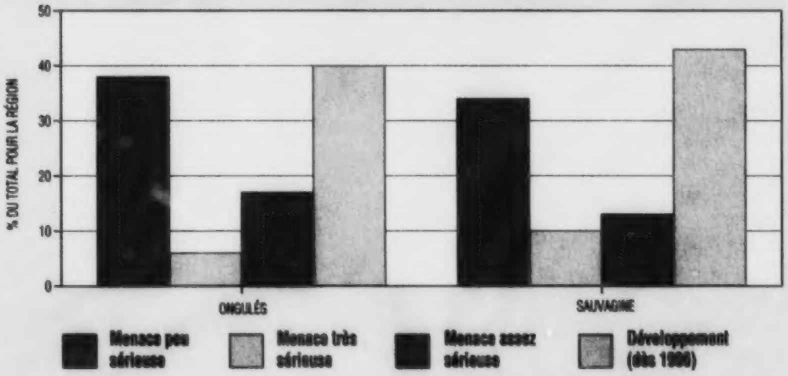
L'érosion des sols et l'épuisement des éléments nutritifs et de la matière organique sont encore accentués par d'autres pratiques agricoles comme le travail du sol sur les pentes escarpées ou très ondulées, la suppression des brise-vents et de la végétation le long des cours d'eau et l'utilisation de machinerie lourde. Dans les régions plus élevées, de telles pratiques exposent le sol à l'érosion éolienne et hydrique et, dans les régions plus basses et plus humides, à la salinisation; dans les deux cas, il y a un risque de compactage en raison de l'utilisation inopportune ou répétée de machinerie lourde. Au Nouveau-Brunswick, l'érosion a touché gravement un tiers des terres qui servent à la

Potentiel élevé pour une seule ou plusieurs utilisations d'une terre, selon l'Inventaire des terres du Canada (ITC), en pourcentage de la région de la rivière de la Paix



Source : A.M. Turner, Environnement Canada, communication personnelle.

Perte de terres à potentiel élevé pour les ongulés et la sauvagine, en raison de l'expansion agricole dans la région de la rivière de la Paix, et menaces pesant sur le reste des terres



Source : A.M. Turner, Environnement Canada, communication personnelle.

culture intensive de la pomme de terre. Certains champs de pommes de terre ont perdu jusqu'à 12 cm de leur couche arable au cours des 20 dernières années (Simpson-Lewis et collab., 1983).

La dégradation des terres agricoles se solde par des rendements faibles, une lutte constante contre les mauvaises herbes et un besoin toujours croissant d'engrais (Dodge, 1989). L'impact économique annuel de l'érosion des sols dans les Prairies a été évalué à 370 millions de dollars et les projections pour 1991 sont de l'ordre de 400 millions de dollars (Agriculture Canada, 1985). En Saskatchewan, on estime à 80 000 km² la superficie des terres agricoles fortement menacées par l'érosion éolienne et hydrique (Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991). Les répercussions économiques cumulatives de la salinisation — une accumulation de sel à la surface ou près de la surface des sols — se situeraient, selon les évaluations, entre 100 et 300 millions de dollars, avec une augmentation annuelle d'au moins un million de dollars. La salinité des sols est un phénomène naturel en Saskatchewan, où environ 20 000 km² sont touchés jusqu'à un certain point et où environ 2 400 km² ont une productivité sérieusement compromise (Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991). L'incidence économique directe de la dégradation des sols dans le centre et l'est du Canada est jugée un peu plus faible que dans les Prairies mais elle devrait augmenter là aussi. Selon Agriculture Canada (1985), on ne peut savoir « avec précision quand et où les effets économiques annuels de la dégradation du sol élimineront la faisabilité de la production économique. On sait toutefois que dans certaines parties du pays, cela s'est déjà produit et que des terres jadis fertiles du Nouveau-Brunswick et des Prairies ont dû être abandonnées. Ce phénomène se reproduira probablement dans d'autres régions si on garde les pratiques actuelles de gestion des cultures. »

La contamination des sols

Un large éventail d'activités humaines entraînent la contamination des sols au Canada. Les agriculteurs et les forestiers pulvérisent des pesticides et des engrais sur les terres. Les émissions des industries et des véhicules se déposent sur les terres : d'une part, cela acidifie le sol et en altère la composition de différentes façons et, d'autre part, cette pollution pourrait avoir des conséquences sur les écosystèmes et sur l'ensemble des terres (Comité canadien de la classification écologique du territoire, 1989).

Les décharges industrielles et municipales, l'enfouissement des déchets sur place, les fuites de produits chimiques et les déversements mineurs fréquents, les déversements importants et l'entreposage souterrain de matières

TABLEAU 5.4

Croissance et conversion observées au sein des régions urbaines (RU), ventilées par classe de population, 1981–1986

Classe de population	(Nbre de RU)	Augmentation de la superficie (%)	Densité de population (pop./ha)	Croissance démographique (%)	Taux d'urbanisation (Nbre d'ha par var. démogr. de 1 000 hab.)
25 000 - 50 000	26	3,3	9,0	1,5	242
50 001 - 100 000	18	4,0	9,8	2,9	141
100 001 - 250 000	13	4,9	12,8	3,6	104
250 001 - 500 000	4	3,2	12,4	5,2	50
> 500 000	9	6,6	19,5	6,3	53
Moyenne pour 70 RU		**5,4**	**16,5**	**5,4**	**64**

Source : Warren et collab., 1989.

toxiques peuvent aussi entraîner la contamination locale des terres (Huestis, 1990). À titre d'exemple, mentionnons deux accidents récents : l'incendie de pneus à Hagersville, en Ontario, et l'incendie survenu à l'entrepôt de BPC de Saint-Basile-le-Grand, au Québec (voir le chapitre 21). Ce genre de contamination ne se produit pas seulement dans le sud du Canada; ainsi, des résidus contaminés par les BPC ont été découverts sur des sites militaires abandonnés ou encore occupés dans tout l'Arctique canadien (Huestis, 1990) (voir le chapitre 15).

Le changement climatique

Le changement climatique pourrait poser le plus grand défi pour les terres au Canada. L'accumulation globale de dioxyde de carbone et d'autres « gaz à effet de serre » dans l'atmosphère et, par conséquent, la perspective d'un climat plus chaud et peut-être plus sec, ont des conséquences d'une portée incalculable (voir le chapitre 22).

Le réchauffement climatique entraînera la modification d'autres éléments du climat, telles les précipitations et l'évaporation. Quoique les précipitations et l'évaporation moyennes globales soient appelées à augmenter, des variations régionales pourraient survenir et modifier considérablement les réserves en eau. Certaines régions comme le sud des Prairies pourraient devenir beaucoup plus sèches, tandis que d'autres, comme certaines parties de l'Arctique, pourraient devenir beaucoup plus humides. Cela pourrait avoir des répercussions sur les conditions d'humidité des sols ainsi que sur les ressources et les activités tributaires de cette humidité, notamment l'agriculture et l'exploitation forestière.

Un climat plus chaud peut provoquer une hausse importante du niveau de la mer (Egginton et Andrews, 1989; Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990). Au fur et à mesure que la température augmentera partout sur la planète, les glaciers et les calottes glaciaires fondront plus rapidement et la masse d'eau des océans augmentera. D'après les estimations, la hausse du niveau de la mer se situerait entre quelques dizaines de centimètres et un mètre ou plus au cours des 100 prochaines années. Étant donné que le Canada possède le plus long littoral du monde, l'incidence de toute augmentation du niveau de la mer nous préoccupe sérieusement. Les conséquences particulières d'un tel phénomène pour les terres seraient les suivantes : une perte nette de superficie par suite des inondations et de l'érosion, notamment la perte de plages récréatives et d'habitats fauniques côtiers. On pourrait en particulier assister à une régression progressive du littoral là où l'on trouve des terrains meubles riches en particules de glace, comme dans le delta du fleuve Mackenzie et sur les côtes de la mer de Beaufort.

LA CONCURRENCE ET LES CONFLITS ENTOURANT L'UTILISATION DES TERRES

Les terres se prêtant à maints usages, il est inévitable qu'elles deviennent une source de concurrence et de conflits. La concurrence est déclenchée lorsqu'on veut employer des terres à des fins différentes. Les conflits éclatent lorsqu'une utilisation donnée est incompatible avec une autre ou influe sur les utilisations d'une terre adjacente ou voisine. Ces deux problèmes surgissent habituellement lorsque la terre « utilisable » — celle qui possède des qualités recherchées tout en étant accessible — devient un bien économique de plus en plus rare. Il faudra se contenter d'un espace toujours plus limité pour entreprendre des activités dépendantes de la terre. Il ne peut en résulter que des conflits (Simpson-Lewis et collab., 1983).

L'expansion urbaine aux dépens des terres agricoles

On affirme souvent que, par temps clair, environ le tiers des meilleures terres agricoles du Canada sont visibles du haut de la tour du CN à Toronto. Les agglomérations se forment naturellement dans les environs des meilleures terres jusqu'à couvrir les sols mêmes qui les ont vu naître. Les villes telles que Vancouver, Calgary, Edmonton, Regina, Winnipeg, London, Toronto et Montréal poursuivent leur expansion sur la superficie limitée des terres agricoles productives. Plus précisément, de 1981 à 1986, la région urbaine de Toronto a accaparé 100 km^2 de terres agricoles de choix, tandis qu'Edmonton en absorbait 40 km^2, Montréal, environ 6 km^2 et Vancouver, 6 km^2 (Warren et collab., 1989).

La perte directe ou indirecte des terres agricoles de choix au profit des villes s'est soldée par une baisse considérable

TABLEAU 5.5

Total des terres rurales et terres agricoles de choix converties dans 70 régions urbaines (RU) canadiennes, 1966–1986

Province	Nbre de RU	Total des terres agricoles (TTA) (km²)	Terres agricoles de choix (km²)	Terres agricoles de choix (% du TTA)
Colombie-Britannique	7	453,30	93,60	21
Alberta	5	516,91	314,29	61
Saskatchewan	4	106,13	69,18	65
Manitoba	2	130,46	114,47	88
Ontario	26	1 059,52	830,40	78
Québec	19	505,87	249,12	49
Nouveau-Brunswick	3	108,48	24,25	22
Nouvelle-Écosse	2	80,43	30,47	38
Î.-P.-É.	1	22,80	21,97	96
Terre-Neuve	1	30,50	0,15	>1
Toutes les provinces	**70**	**3 014,40**	**1 747,90**	**58**

Source : Warren et collab., 1989.

de la superficie des terres agricoles améliorées en Ontario, en Alberta et au Québec, de 1966 à 1986 (tableau 5.5). La conversion des terres agricoles est encore plus lourde de conséquences dans les régions du Canada particulièrement propices aux cultures spéciales, telles les régions fruitières du Niagara et de l'Okanagan. L'expansion évidente des activités urbaines au détriment des terres agricoles — une expansion tentaculaire, dit-on à juste titre — soulève les plus vifs débats publics depuis des décennies. Nombre de provinces, notamment la Colombie-Britannique, le Québec et Terre-Neuve, ont promulgué des lois spéciales pour protéger les terres agricoles. Toutefois, les pressions continuent de se faire sentir, même en Colombie-Britannique où l'on a adopté la première loi la plus rigoureuse en matière de protection des terres — l'*Agricultural Land Commission Act* — en vertu de laquelle sont établies des réserves agricoles. Pas plus tard qu'en 1989, le dézonage d'environ 1,2 km² de terres agricoles de choix dans les environs immédiats de la ville de Vancouver, dans le comté de Richmond, a déclenché une levée de boucliers générale.

Le rayonnement urbain

L'expansion urbaine a également des retombées indirectes sur l'utilisation des terres agricoles, un phénomène que l'on appelle parfois l'effet de rayonnement urbain. Les promoteurs immobiliers, les spéculateurs, les amateurs de terrains de golf et de domaines à la campagne ainsi qu'un éventail d'entreprises commerciales et industrielles font concurrence à l'agriculture pour obtenir les terres situées à la périphérie des villes, ce qui provoque une hausse des prix à un niveau tel que l'exploitation de la terre n'est plus rentable. À la longue, l'agriculture en vient à être considérée comme une simple tactique de retardement, la productivité baisse en même temps que les investissements et la terre risque d'être abandonnée complètement, bien avant l'arrivée des promoteurs.

Des conflits surgissent également lorsque les exploitations agricoles jouxtent les lotissements des banlieues, ce qui se produit de plus en plus fréquemment. Les résidants de ces lotissements se plaignent souvent des odeurs pendant l'épandage du fumier et des embouteillages lorsqu'un agriculteur emprunte la route pour transporter son foin. Dans certains cas, ces protestations ont forcé les agriculteurs à abandonner leur exploitation ou à entreprendre des rénovations coûteuses.

Le rayonnement urbain s'étend beaucoup plus loin que le cœur de la ville. Citons l'exemple du corridor très urbanisé Windsor-Québec. En 1981, les lotissements classés « à demi urbains » couvraient 34 000 km², comparativement aux 27 000 km² de lotissements classés « urbains » (Yeates, 1985). De toute évidence, il faut adopter des mesures pour réduire ou éliminer les effets du rayonnement urbain aussi bien que pour préserver le territoire lui-même (voir le chapitre 13).

La conservation des terres

La valeur marchande des terres l'emporte souvent sur les autres valeurs sociales, écologiques ou culturelles qui s'y rattachent. Pendant longtemps, les milieux humides ont été jugés sans valeur au sens habituel du marché, sauf peut-être pour la chasse au canard, et il était courant de les assécher pour les cultiver. De plus, les propriétaires étaient même encouragés à assécher leurs milieux humides par des programmes gouvernementaux établis en vertu de lois comme la *Loi sur l'utilisation des terrains marécageux des provinces Maritimes*. Par conséquent, environ 65 % des marécages du littoral atlantique, 70 % des milieux humides du sud de l'Ontario et des Prairies ainsi que 80 % de ceux du delta du fleuve Fraser en Colombie-Britannique ont été asséchés ou « récupérés » par d'autres moyens, principalement à des fins agricoles (Environnement Canada, 1986). Dans certaines provinces, ce processus se poursuit, toujours avec l'aide de programmes gouvernementaux. Toutefois, la valeur écologique et hydrologique des milieux humides, qui se distingue de leur valeur économique, est maintenant mieux comprise, et l'on tente aujourd'hui de préserver les zones humides encore disponibles. Dans certains cas, on cherche même à restaurer d'anciens milieux humides ou à en créer de nouveaux (voir le chapitre 26).

La distinction entre les valeurs marchandes et les valeurs non marchandes des terres est au cœur du débat qui entoure la concurrence croissante opposant les partisans de l'exploitation

forestière aux autres utilisateurs de la forêt. Les forêts canadiennes ne peuvent plus être considérées uniquement comme des sources de bois d'œuvre et de fibre ligneuse. Elles présentent d'autres valeurs intrinsèques ayant trait aux loisirs de plein air, à la préservation des habitats fauniques et à la conservation des écosystèmes fragiles.

LA PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES TERRES

Il n'y a rien de nouveau dans les conflits liés à l'utilisation des terres, qu'il s'agisse des pertes de terres agricoles au profit de l'expansion tentaculaire des villes ou des ressources utilisées à des fins d'extraction plutôt que de subsistance. Toutefois, notre conception de la terre et les problèmes reliés à son utilisation se sont considérablement élargis au cours des dernières années. Plus que tout autre événement en particulier, c'est la publication du rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988), intitulé *Notre avenir à tous*, qui a polarisé l'attention sur le point de vue actuel, toujours en évolution, portant sur la terre et l'usage que nous en faisons. On pourrait dire que la notion de développement durable est basée sur une perception de la terre en tant qu'habitat pour toutes les espèces vivantes, et pas seulement en tant que compte bancaire conjoint à court terme duquel nous pouvons tirer des fonds à volonté pour nos besoins exclusifs.

Dans le climat actuel, on assiste à une évolution dans la façon d'aborder la question des terres : l'exploitation devient moins importante que la gestion et les compromis. Nous devons toutefois trouver des mécanismes nous permettant de mettre ces principes en application. Quel est le moyen le plus judicieux de parvenir à une meilleure utilisation des terres? C'est là un défi de taille mais il est essentiel à la planification.

Les possibilités des terres et les coûts des diverses activités liées à l'utilisation des terres doivent être évalués; les considérations politiques, sociales et scientifiques doivent être examinées; les besoins des régions et du pays dans son ensemble doivent être soigneusement définis; enfin, les priorités ou les directives doivent être bien établies.

Les gouvernements, l'industrie et les particuliers se partagent la responsabilité de trouver des solutions durables aux problèmes environnementaux du Canada, et tous les utilisateurs des terres doivent veiller à la gestion de l'environnement.

Les gouvernements provinciaux sont les principaux administrateurs des richesses naturelles du Canada. Dans toutes les régions du pays, on procède à la planification des terres et de l'eau selon une méthode intégrée plutôt que sectorielle. L'intégration des secteurs d'utilisation des terres permet de mieux coordonner le patrimoine foncier de notre pays afin d'atteindre un état de bien-être écologique.

Conformément aux recommandations de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, le Canada a constitué son propre Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie. Ce groupe de travail a recommandé l'instauration de tables rondes multisectorielles dans chacune des provinces et dans les deux territoires, ce qui est maintenant un fait accompli (Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie, 1987). La création de tables rondes peut constituer une étape importante vers l'utilisation durable des terres : c'est une occasion de réunir des intervenants provenant de nombreux milieux, notamment des politiciens, des représentants du secteur privé et des groupes d'intérêt public sur l'environnement. Ils y trouvent une tribune commune pour résoudre les problèmes fondamentaux posés par l'évolution des perceptions et des valeurs concernant la terre et ses usages. Le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990) se rapproche encore de cet objectif en incorporant le principe fondamental du développement durable : « Pour le bien des générations présentes et futures, tous les Canadiens doivent agir pour aider à faire durer leurs ressources renouvelables et les écosystèmes dont elles dépendent. »

Les autochtones

Tout au long de leur histoire, les peuples autochtones n'ont pas cru qu'ils pouvaient posséder la terre, pas plus qu'ils ne pouvaient posséder le ciel. Ils n'ont fait que partager la terre avec d'autres organismes vivants. Pendant des millénaires, l'économie et le mode de vie traditionnels des peuples autochtones du Canada ont reposé sur la chasse, le piégeage, la pêche et la pratique d'autres formes d'exploitation des ressources vivantes de la terre. Ces diverses façons d'utiliser la terre ont encore une importance fondamentale pour ceux qui pratiquent ces activités sur de vastes territoires du Canada. Elles font partie intégrante des cultures amérindienne et inuk : beaucoup y voient la clé de leur indépendance et de leur aptitude à atteindre un niveau de vie raisonnable.

Il est évident que la question de l'utilisation durable des terres est indissociable des questions de justice sociale et d'accès raisonnable aux ressources de la terre. À l'heure actuelle, la manifestation la plus décisive de cet enjeu se trouve dans le débat national sur les droits et les revendications territoriales des autochtones.

Il y a deux principaux types de revendications. Les revendications globales concernent les droits ancestraux découlant de l'utilisation et de l'occupation traditionnelles des terres. C'est le cas dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon, au Labrador, dans la plus grande partie de la Colombie-Britannique et au Nouveau-Québec où les droits ancestraux n'ont pas encore fait l'objet de traités ou d'autres dispositions. Elles intéressent la plupart du temps des groupes amérindiens ou inuit (p. ex., des conseils de tribu, des bandes ou des collectivités) qui font valoir des droits ancestraux sur une zone géographique précise. Les ententes de règlement ont une portée globale et comprennent des éléments tels que les droits fonciers, des

droits particuliers de chasse, de pêche et de piégeage ainsi qu'une indemnité financière et d'autres droits et avantages (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1991). Par exemple, conformément à la Convention de la Baie-James et du Nord québécois de 1975, on a octroyé aux 10 000 Cris et Inuit du nord du Québec des droits fonciers sur une superficie totale de 14 000 km² de terres communales, de même que des droits exclusifs de chasse et de piégeage sur une superficie additionnelle de 150 000 km², ce qui représente respectivement 1,3 % et 14 % de la région visée par l'entente. Conformément à la Convention définitive des Inuvialuit de 1984, les 2 000 Inuvialuit de la région du delta du Mackenzie ont obtenu des droits absolus ou limités sur environ 20 % des 435 000 km² de la région qu'ils utilisaient et occupaient traditionnellement, et des droits spéciaux de chasse et de piégeage dans toute cette région.

Certaines revendications particulières sont reliées aux obligations légales du Canada touchant l'administration des terres et autres biens des Indiens et le respect des obligations découlant de traités, d'autres ententes ou de la *Loi sur les Indiens* (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990). Au 31 mars 1991, 606 revendications particulières avaient été présentées, parmi lesquelles 47 ont été réglées par la négociation. Les indemnités financières versées par le gouvernement fédéral se sont élevées à 129,3 millions de dollars, tandis que les provinces concernées ont accordé 37,5 millions de dollars et 57 894,4 km² de terres. À la même date, 18 revendications en étaient à la phase de négociation du règlement, 49 avaient été acceptées à des fins de négociation et les autres se trouvaient à diverses étapes de l'évaluation (suspendues, en litige, à l'étude, renvoyées pour révision dans le cadre d'autres programmes gouvernementaux). On trouvera ci-après une énumération de quelques règlements importants de la fin des années 1980 portant sur les droits fonciers découlant des traités ou sur les terres des réserves :

- l'entente avec la bande de Fond du Lac — 123,9 km²;
- l'entente de Sturgeon Lake — 65,6 km²;
- l'entente avec la bande crie de Fort Chipewyan — 49,7 km²; et
- l'entente du lac Whitefish — 22,3 km².

Au total, les 596 bandes indiennes du Canada ont 2 261 réserves couvrant environ 27 110 km², ce qui représente approximativement la moitié de la superficie de la Nouvelle-Écosse (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990).

[illegible]

Mode de propriété des terres au Canada

Province ou territoire	Superficie totale[a] (km²)	Pourcentage de la superficie totale		
		Terres de la Couronne		
		Fédérales[b]	Provinciales ou territoriales[c]	Terres privées[d]
Terre-Neuve	371 690	0,7	94,9	4,4
Île-du-Prince-Édouard	5 660	0,8	12,1	87,1
Nouvelle-Écosse	52 840	2,9	29,8	67,3
Nouveau-Brunswick	72 090	3,0	42,9	54,1
Québec	1 356 790	0,2	92,1	7,7
Ontario	891 190	0,9	88,0	11,1
Manitoba	548 360	0,8	78,0	21,2
Saskatchewan	570 700	2,4	57,7	37,9
Alberta	644 390	9,6	62,6	27,8
Colombie-Britannique	929 730	0,9	93,3	5,8
Yukon	478 970	99,8	0,175	0,031
Territoires du Nord-Ouest	3 293 020	99,9	0,086	0,002
Canada	**9 215 430**	**40,3**	**50,0**	**9,7**

[a] Statistique Canada, 1990. Tous les chiffres ont été arrondis à la dizaine près pour indiquer qu'ils sont approximatifs.

[b] Inclut les terres de la Couronne fédérale, les parcs nationaux et les stations forestières expérimentales fédérales.

[c] Inclut les superficies provinciales ou territoriales, les parcs provinciaux et les forêts provinciales.

[d] Inclut les terres appartenant à des intérêts privés ou les terres de la Couronne en voie d'aliénation.

Le gouvernement fédéral

Même si le gouvernement fédéral administre très peu de terres, du moins dans le sud du pays où l'on trouve la plus grande densité de population (tableau 5.6), il peut influer considérablement, et de différentes façons, sur les formes d'utilisation des terres au Canada (Richardson, 1989). Au milieu des années 1970, le gouvernement du Canada, conscient de l'importance de planifier l'utilisation des terres, a peu à peu élaboré à cet égard une politique valable pour toutes les activités fédérales. La Politique fédérale sur l'utilisation des terres a été adoptée en 1980 (Gouvernement du Canada, 1980). Elle contient six principes directeurs, onze déclarations de principe et dix lignes directrices sur l'utilisation des terres et elle est destinée à minimiser les incidences environnementales des décisions liées aux terres et aux écosystèmes. Cette politique fait partie d'un processus de gestion des terres fédérales qui garantit l'adoption des principes du développement durable lors de l'acquisition, de l'utilisation et de la cession de terres par le gouvernement du Canada. Certains organismes cherchent actuellement à modifier les processus de gestion pour faire écho à ces nouveaux principes. Par exemple, les ministères fédéraux des Travaux publics et de la Défense nationale ont modifié leurs processus de sélection pour l'évaluation des incidences environnementales afin de tenir compte de la Politique fédérale sur l'utilisation des terres.

Au cours des années 1980 et 1990, les gouvernements ont adopté des lois de plus en plus strictes pour réglementer les pratiques nuisibles à l'environnement, notamment le rejet et le déversement de substances polluantes sur les terres et la pulvérisation d'herbicides et de pesticides. Depuis 1988, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* donne au ministre fédéral de l'Environnement le pouvoir de réglementer la pollution environnementale à l'échelle nationale. Cette loi adopte une démarche basée sur les écosystèmes pour l'étude des ressources terrestres, atmosphériques, dulcicoles et marines; elle s'applique à toutes les terres de la Couronne et peut donc être utilisée pour protéger ces terres contre certaines formes de pollution.

Les gouvernements provinciaux et territoriaux

Dans chaque province et territoire, ainsi que dans les régions du Nord qui ont fait l'objet d'un règlement territorial, il existe des processus semblables pour la planification de l'utilisation des terres et l'évaluation des incidences environnementales. Les principes du développement durable des terres sont appliqués par le biais de divers mécanismes de planification et d'examen. Dans le cas de l'Île-du-Prince-Édouard et du Yukon, ces principes s'appliquent sous la forme d'une stratégie de conservation sanctionnée par le gouvernement. Plusieurs autres provinces travaillent à l'élaboration de stratégies de conservation ou de développement durable qui définiront les objectifs communs pour les processus de planification. Dans la région qui a fait l'objet d'une entente globale sur les revendications des territoires nordiques du Nunavut, dans les Territoires du Nord-Ouest, on a précisé des objectifs communs en faveur d'un développement durable, tant pour la planification de l'utilisation des terres que pour l'évaluation des incidences environnementales.

La méthode de planification qui semble vouloir s'imposer pour relever les défis auxquels font face les Canadiens peut être désignée sous le nom de planification stratégique de l'utilisation des terres. Cette méthode diffère de la planification détaillée utilisée dans le passé, car elle aborde les problèmes d'utilisation des terres dans une perspective à long terme plus vaste et plus globale.

Partout au Canada, d'importantes mesures ont déjà été prises en vue d'élaborer une nouvelle méthode stratégique de la planification de l'utilisation des terres. Par exemple, en vertu du *Land Act* de la Colombie-Britannique, la planification et la gestion des terres de la Couronne provinciales sont axées sur l'utilisation la plus appropriée. En Alberta, la gestion des ressources et des terres publiques est assujettie à une planification intégrée des ressources. En vertu du *Natural Resources Conservation Board Act*, les projets relatifs à l'industrie forestière, aux loisirs, au tourisme, à l'exploitation minière et à la gestion des eaux, par exemple, font l'objet d'une étude pour déterminer leurs répercussions sur les richesses naturelles de la province. Le Manitoba a élaboré une Stratégie des terres et des eaux dans le cadre d'une stratégie provinciale du développement durable.

Les rapports sur l'état de l'environnement constituent une source de renseignements environnementaux, notamment sur les problèmes d'utilisation des terres. Le Québec a été la première province à publier un tel rapport en 1988, puis le Manitoba et la Saskatchewan ont emboîté le pas en 1991.

En Ontario, des politiques provinciales en matière de planification de l'utilisation des terres pour le logement et les granulats minéraux et dans les périmètres d'inondation ont été approuvées dans le cadre de la *Loi de 1983 sur l'aménagement du territoire*. Des politiques sont en cours de rédaction en matière de conservation des milieux humides et des terres agricoles. Dans toute la province, le ministère des Richesses naturelles met en œuvre des plans d'utilisation des terres basés sur la gestion intégrée des ressources. En vertu de la *Loi sur l'assainissement de l'eau*, le Nouveau-Brunswick a mis sur pied un Comité consultatif sur l'utilisation des terres et des eaux en vue d'obtenir des avis sur les grands projets et de réduire les conflits. Le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'Île-du-Prince-Édouard ont formé le Service du cadastre et de l'information foncière, qui est chargé de fournir des renseignements sur les terres aux gouvernements, aux entreprises et aux particuliers. Terre-Neuve est en train d'évaluer un processus de planification intégrée des ressources.

Les gouvernements municipaux et régionaux

Les gouvernements provinciaux ont délégué aux municipalités beaucoup de fonctions touchant l'utilisation des terres (tracé des routes, services d'adduction d'eau et d'égouts, p. ex.). La planification de l'utilisation des terres se fait à l'échelon municipal et régional dans huit provinces et au seul échelon municipal dans deux provinces. Dans les territoires, cette planification est mise en œuvre principalement à l'échelle régionale, comme c'est le cas dans les régions visées par les règlements de revendications territoriales. La plupart des provinces ont aussi instauré une certaine forme de planification régionale ou intermunicipale qui repose sur la collaboration entre les conseils municipaux.

Traditionnellement, la planification strictement locale est axée sur les besoins particuliers de la collectivité; par conséquent, les priorités ainsi définies sont souvent d'une portée limitée, comme celles touchant l'élargissement de l'assiette de l'impôt foncier ou le contrôle des coûts des services, mais ce sont là des questions étrangères à l'état de l'environnement. Récemment, les citoyens et leurs représentants élus se sont toutefois montrés plus conscients de la gravité de questions écologiques comme la surcharge des dépotoirs, la perte d'espaces dégagés dans la région, etc. Certaines villes ont répondu avec enthousiasme à cet appel en faveur du développement durable et ces considérations font maintenant partie du processus de planification. Par exemple, la municipalité de Burnaby, en Colombie-Britannique, a décidé d'engager un planificateur spécialisé en écosystèmes

et de préparer un rapport sur l'état de l'environnement qui servira à la révision de son plan communautaire officiel. La ville d'Ottawa envisage elle aussi de faire du développement durable le premier principe directeur de son plan officiel, qui comprendra notamment une stratégie de conservation. D'autres administrations locales, comme celle du Saguenay-Lac-Saint-Jean, au Québec, proposent l'élaboration d'une stratégie globale de développement durable qui inclurait la planification de l'utilisation des terres.

En Ontario, c'est par des voies différentes que l'on se dirige vers le développement durable; en effet, la province est en train d'aménager une « collectivité modèle » sur des terres de la Couronne à Seaton, près de Pickering (Winter, 1990). Les groupes environnementaux auront l'occasion de participer à l'aménagement de cette nouvelle collectivité, qui est conçue pour favoriser la création d'espaces verts, la protection du bassin hydrographique, le rendement énergétique, la réduction des déchets, l'utilisation des transports en commun et d'autres valeurs environnementales. L'expérience réalisée à Seaton constitue une excellente initiative sur le chemin du développement environnemental durable des agglomérations urbaines.

Le Plan de l'escarpement du Niagara ou la fin d'un long conflit

Accrochés aux falaises de calcaire de 30 m de hauteur de l'escarpement du Niagara, près de Milton, en Ontario, poussent les arbres les plus anciens de la province (Reschke, 1990). Ce sont des thuyas occidentaux de 700 ans qui sont déformés et rabougris après avoir subi pendant des siècles les assauts du vent, de la neige et de la pluie. Cette flore surprenante n'est que l'un des éléments écologiques uniques associés à l'escarpement du Niagara.

Depuis Queenston, dans le sud, jusqu'à Tobermory, dans le nord, l'escarpement de 725 km de longueur et les terres avoisinantes couvrent une superficie de 1 830 km^2. L'escarpement a une valeur considérable tant au point de vue esthétique et scientifique que récréatif. La piste Bruce le parcourt sur presque toute sa longueur, à travers des forêts, des terres agricoles et des villes; il abrite une flore et une faune d'une grande richesse, dont certains éléments naturels sont uniques comme le massasauga, seul crotale venimeux de l'Ontario. En outre, le rempart de l'escarpement qui, il y a 450 millions d'années, formait le littoral d'une ancienne mer, présente aujourd'hui le paysage le plus spectaculaire du sud de l'Ontario.

Situé en bordure de ce que l'on appelle le « Golden Horseshoe » (fer à cheval en or) du Canada, l'escarpement était non seulement apprécié des excursionnistes, mais aussi jalousement convoité par les promoteurs. Parallèlement, la région offre depuis longtemps un terrain fertile aux vergers et aux vignobles en plus d'être une source de granulats minéraux. Ces conflits résultant des multiples utilisations des terres dépouillaient graduellement la région de ses qualités naturelles et c'est ce qui a finalement incité le public à réclamer la préservation de ce territoire.

Pour donner suite à cette demande, le gouvernement ontarien a entrepris, en 1967, une étude exhaustive sur l'utilisation des terres. Après 17 années de pourparlers entre les principaux utilisateurs de la région, notamment les excursionnistes, les exploitants de gravières, les botanistes, les propriétaires fonciers et les conseils municipaux, le Plan de l'escarpement du Niagara a été approuvé par le Conseil des ministres de l'Ontario en 1984.

Ce plan est un exemple classique du recours à la planification des terres pour la protection et la conservation de valeurs non économiques; c'est aussi le premier plan canadien de grande envergure portant sur l'utilisation écologique des terres. Bien que la bataille longue et dure qui a abouti à la mise au point du Plan de l'escarpement du Niagara témoigne des conflits qui surgissent dans la société lorsqu'il est question d'utilisation des terres, elle apporte aussi la preuve que la patience, la persévérance et la volonté politique peuvent l'emporter sur les divergences d'opinion et de valeurs (Richardson, 1989).

LES DÉFIS DE L'UTILISATION DURABLE DES TERRES

Partout au Canada, la lutte pour la protection et la restauration des terres est jalonnée de nombreuses réussites à l'échelle locale. Par exemple, on a semé de l'herbe et planté des arbustes et des arbres dans de vastes régions abîmées par les émissions des fonderies, aux environs de Sudbury. Des sablières épuisées ont été réhabilitées et transformées en superbes jardins fleuris — par exemple, les Jardins botaniques royaux de Hamilton et les Jardins Butchard de Victoria — pour la plus grande joie des résidants et des visiteurs. On a également désigné de vastes étendues de terre devant faire l'objet d'une protection spéciale : des parcs nationaux, provinciaux et territoriaux, des réserves fauniques et des refuges d'oiseaux migrateurs ainsi que des éléments topographiques qui font partie du patrimoine ou présentent un intérêt écologique certain, comme l'escarpement du Niagara (voir l'encadré 5.2). Sur une plus grande échelle, le chemin qui mène à l'utilisation durable des terres est toutefois encore parsemé d'obstacles formidables à franchir.

Une connaissance insuffisante du territoire

À tous les échelons — national, provincial, régional et local —, notre connaissance du territoire lui-même est insuffisante. Dans bien des cas, les inventaires des ressources de base, qui permettent l'interprétation de l'utilisation des terres, demeurent incomplets ou sont désuets. Le Programme national de surveillance de l'utilisation des terres au Canada, mis en œuvre par Environ-

nement Canada de 1978 à 1988, est maintenant terminé, mais nous avons toujours besoin de données nationales pour connaître la superficie des terres utilisées et les changements annuels qui se produisent en matière d'utilisation des terres. Sur le plan national, le Canada n'a pas déterminé la superficie totale des terres qu'il faudra réserver à différents usages à l'avenir; de plus, les spécialistes ne s'entendent pas sur la façon d'établir la valeur véritable des diverses utilisations des terres afin de la comparer à la valeur du marché. Il faut aussi établir, à l'aide d'indicateurs permettant de mesurer les progrès accomplis, des objectifs, des directives et des critères nationaux concrets pour l'utilisation et la gestion des terres afin d'en arriver à un développement durable.

Un véritable labyrinthe administratif

Cette marche difficile vers le développement durable est encore entravée par le véritable labyrinthe administratif que constitue le chevauchement des responsabilités touchant les terres et leur utilisation. Les terres de la Couronne fédérale (elles se trouvent presque toutes dans les territoires septentrionaux) représentent 40 % de la superficie totale du Canada contre 50 % pour les terres provinciales. Environ 10 % seulement du territoire canadien appartient à des intérêts privés (voir le tableau 5.6). Les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et municipaux ont tous des responsabilités importantes touchant les terres et leur mode d'utilisation, mais ces responsabilités se chevauchent en partie et, à l'intérieur de chaque niveau, elles sont assumées par plusieurs organismes différents. Par conséquent, il se peut que divers organismes, gouvernementaux ou non, s'intéressent à un terrain en particulier mais dans une optique différente (p. ex., aménagement de corridors de transport de l'énergie, augmentation du rendement des cultures ou protection de l'habitat d'espèces en danger de disparition).

La multiplicité actuelle des mandats confiés aux organismes s'intéressant aux terres est certainement lourde de conséquences. Dans une région donnée, les terres peuvent faire l'objet de nombreux programmes, plans et politiques préconisant des solutions différentes à un même problème. Pendant que l'on discute pour savoir qui utilisera la terre et dans quel but, la notion même de terre et la valeur rattachée à cette ressource peuvent se trouver escamotées au cours du débat. Par exemple, lors de l'élaboration de politiques économiques ou lors de négociations commerciales, certains secteurs de l'économie, comme l'agriculture et les forêts, sont souvent pris en considération sans que l'on tienne compte des terres. De même, les fonctions économiques du gouvernement sont dissociées de celles touchant la gestion des terres, des ressources et de l'environnement. En conséquence, on accorde peu d'attention au lien qui existe entre les politiques économiques et l'utilisation des terres.

La vraie valeur des terres : à la recherche d'une nouvelle définition

Les attitudes et les valeurs des particuliers et des entreprises constituent un facteur important dans la recherche d'une solution écologique à l'utilisation durable des terres. Même si les mentalités évoluent en faveur de la protection de l'environnement, il y a encore beaucoup de choses à réapprendre, comme en témoigne le vocabulaire même utilisé pour parler de la terre. Une étendue de terrain est appelée une « parcelle » ou une « propriété ». Lorsqu'il s'agit d'exploiter les ressources de la terre, on parle d'« aménagement », terme dont les connotations positives sont peut-être déplacées dans ce contexte. À moins d'en préciser le sens, la notion de valeur de la terre est généralement assimilée à sa valeur vénale sur le marché foncier. De plus, on prend habituellement pour acquis que la valeur marchande l'emporte sur les autres valeurs de la terre, c'est-à-dire ses valeurs écologiques, esthétiques et patrimoniales. Un organisme public qui veut préserver ces valeurs en se portant acquéreur d'une terre doit en payer le prix du marché, et l'on estime que le propriétaire a le droit de profiter financièrement de cette situation.

Pourtant, les usages que les gens font de leur terre peuvent avoir des répercussions environnementales et sociales sur autrui. La plupart des gens admettent donc qu'un certain contrôle public sur la propriété privée est légitime. Toutefois, on ne s'entend guère sur le degré de contrôle qui peut être exercé. Prenons l'exemple d'un organisme provincial ou municipal chargé de déterminer si un propriétaire privé peut ou non convertir une terre agricole à des fins urbaines. Il est probable que cet organisme examinera la question sous différents angles : la pénurie de logements, la disponibilité et le coût des services d'adduction d'eau et d'égouts, les emplacements pour des parcs et des écoles et, peut-être, la valeur agricole de la terre. Toutefois, il est encore plus probable que l'organisme considérera le « droit » du propriétaire foncier et du promoteur de faire un profit, plutôt que d'envisager les effets cumulatifs de l'urbanisation sur le débit des cours d'eau du bassin hydrographique et sur la qualité de l'eau, ou sur le plaisir esthétique que procure un paysage champêtre. Il faut donc apporter une solution satisfaisante au problème du degré de contrôle réglementaire acceptable ou souhaitable, de même qu'à la question sous-jacente de l'indemnisation pour perte de valeur, si l'on veut en arriver à un développement durable avantageux pour tous plutôt qu'à un marché lucratif pour une minorité.

CONCLUSIONS

Il semble que la terre soit une ressource dont les Canadiens sont les grands bénéficiaires en raison de son abondance. D'une certaine façon, c'est là une illusion, car une grande partie du territoire ne se prête pas aux exigences de la société moderne. De plus, nous avons souvent utilisé la terre sans tenir compte de la nature fragile du territoire lui-même, ce qui a entraîné la dégradation d'un grand nombre de nos

meilleures terres. Par exemple, le huitième de nos forêts ne peut plus être considéré productif et environ 20 % de nos terres agricoles se détériorent à cause des pratiques agricoles modernes (Keating, 1989). En outre, une grande partie de nos meilleures terres agricoles, qui n'ont jamais été abondantes au Canada, continuent de disparaître sous les pressions exercées par l'expansion urbaine.

La protection d'écosystèmes représentatifs est primordiale, mais l'élaboration de modèles d'utilisation polyvalente des terres conforme aux principes du développement durable présente un défi encore plus grand. Il y a déjà des réussites dans ce domaine mais, pour l'instant, ce sont des cas isolés et trop peu nombreux; le Plan de l'escarpement du Niagara, qui vise l'atteinte d'un certain équilibre entre la protection de l'environnement et l'aménagement de projets compatibles avec le milieu, en est un exemple.

Les stratégies en matière d'utilisation des terres au Canada devraient être basées sur des principes communs. Le plus important de ceux-ci consiste à prévoir et à prévenir la dégradation de l'environnement. Pour réussir à prévoir les problèmes qui découleront de l'utilisation polyvalente des terres, il nous faudrait être en mesure de prédire les conséquences possibles d'une action donnée. L'état des terres est tributaire des Canadiens, de leurs connaissances des processus environnementaux et de la mise en pratique de ces connaissances en vue d'assurer la prospérité future des terres et des écosystèmes du Canada.

OUVRAGES CITÉS

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1990. *Revendications particulières.* Feuillet d'information n° 12, mars 1990. Ottawa.

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1991. *Revendications globales.* Feuillet d'information n° 9, février 1991. Ottawa.

Agriculture Canada. 1985. *Les terres agricoles et les ressources hydrauliques au Canada : situation et perspective.* Ottawa.

Canadian Encyclopedia. 1985. Pages 1376–1377, vol. III. Hurtig Publishers, Edmonton.

Comité canadien de la classification écologique du territoire. 1989. *Les pluies acides et les ressources du Canada.* Numéro 18. Service des politiques du ministère, Développement durable, Environnement Canada, Ottawa.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous.* Les Éditions du fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto. 1991. *Planning for sustainability towards integrating environmental protection into land-use planning.* Rapport n° 12. Toronto.

Dodge, D. 1989. « The meaning of May 10. » *Borealis*, 1(3) : 14–16.

Eggington, P.A., et J.T. Andrews. 1989. « Les niveaux marins changent. » *Geos*, 18(2) : 15–21.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1989. « Canada : associations des couvertures terrestres. » Carte MCR 4113, *L'Atlas national du Canada*, 5ᵉ éd. Ottawa.

Environnement Canada. 1985. *Ecodistricts Data Base.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver.* Fiche 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Filion, F.L., E. DuWors, A. Jacquemot, P. Bouchard, P. Boxall, P.A. Gray et R. Reid. 1989. *L'importance de la faune pour les Canadiens en 1987 : rapport sommaire de l'enquête nationale.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Forêts Canada. 1991. *L'état des forêts au Canada : rapport au Parlement 1990.* Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1980. *La politique fédérale sur l'utilisation des terres.* Politique approuvée par le Cabinet fédéral, décembre 1980. Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Ottawa.

Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie. 1987. *Rapport du Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie.* Présenté au Conseil canadien des ministres des ressources et de l'Environnement. Ottawa.

Huestis, L. 1990. *The management of contaminated crown lands: a review of federal roles and responsibilities.* Rapport provisoire sur une étude effectuée à contrat. Direction de la gestion des déchets, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Rapport du groupe de travail I. Aspects scientifiques. Vol. 1.* Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Keating, M. 1989. *Vers notre avenir à tous : un rapport sur le développement durable et ses conséquences pour le Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Lang, R., et A. Armour. 1980. *Livre-ressource de la planification de l'environnement.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa, Multiscience Publications Inc., Montréal.

Mahar, D.J. 1989. Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region. Banque Mondiale, Washington, DC.

Marshall, I.B. 1982. *Mines, utilisation des terres et environnement : un aperçu général au Canada.* Série des cartes d'utilisation du sol n° 22. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Martin, J. (réd.). 1991. *Alternative futures for prairie agricultural communities.* Université de l'Alberta, Faculté de l'éducation continue, Edmonton.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1989. *Données OCDE sur l'environnement : compendium 1989.* Paris.

Picard, A. 1991. « Mirabel finally buries the past. » *The Globe and Mail*, 5 avril. Toronto.

Reschke, P. 1990. « The gnarled forest, Ontario's oldest trees cling to life on the Niagara Escarpment. » *Canadian Geographic*, 110(2) : 70–73.

Richardson, N. 1989. *L'aménagement du territoire et le développement durable au Canada.* Conseil consultatif canadien de l'environnement, Ottawa.

Rubec, C.D.A. (comp.). 1989. *Supplementary data to accompany the map of Canada: land cover associations (1989).* Direction du développement durable, Environnement Canada, Ottawa.

Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan. 1991. *Saskatchewan state of the environment report.* Regina.

Simpson-Lewis, W., R. McKechnie et V. Neimanis. 1983. *Les terres du Canada : stress et impacts.* Folio n° 6. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Snell, E.A. 1987. *Répartition des milieux humides dans le sud de l'Ontario.* Document de travail n° 48. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1990. *Annuaire du Canada 1990*. Ottawa.

Thompson, J.P. 1990. « Resource opportunity costs: an economic rationale for compensation and mitigation. » Dans : *Des joules dans l'eau : effets des aménagements hydro-électriques sur le milieu*. Toronto : Société canadienne des biologistes de l'environnement.

Warren, C.L., A. Kerr et A.M. Turner. 1989. *Urbanisation des terres rurales au Canada, 1981–86*. Feuillet d'information EDE 89–1, ainsi que des données supplémentaires inédites. Environnement Canada, Conservation et Protection, Rapport sur l'état de l'environnement, Ottawa.

Wiken, E.B. 1986. *Les écozones terrestres du Canada*. Série de la classification écologique du territoire n° 19. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Winter, C. 1990. « Seaton should be part of a clear provincial green plan. » *Ontario Conservation News*, 17(6) : 2.

World Resources Institute. 1990. *World resources 1990–91*. Rapport du World Resources Institute, en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Programme des Nations Unies pour le développement. Oxford University Press, New York.

Yeates, M. 1985. *Les terres dans le corridor urbain Windsor–Québec*. Série de l'utilisation des terres au Canada n° 27. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1987. *La politique des revendications territoriales globales*. Ottawa.

Bartlett, R.H. 1990. *Indian reserves and aboriginal lands in Canada*. Native Law Centre, Université de la Saskatchewan, Saskatoon.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada*. Ottawa : Environnement Canada.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1989. *L'Atlas national du Canada*. 5e éd. Ottawa.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada*. Groupe de travail national sur les terres humides, Comité canadien de la classification écologique du territoire. Série de la classification écologique du territoire n° 24. Direction du développement durable, Environnement Canada, Ottawa, et Polyscience Publications Inc., Montréal.

Statistique Canada. 1986. *Activité humaine et l'environnement : un compendium de statistiques*. Ottawa.

Statistique Canada. 1991. *Activité humaine et l'environnement. Ottawa.*

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par le personnel du Rapport sur l'état de l'environnement à partir d'un document rédigé par Nigel Richardson, N.H. Richardson Consulting (Toronto).

Outre la révision assurée par des membres du Comité consultatif public sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes: Audrey Armour, Faculty of Environmental Studies, Université de York (Downsview), John McClellan, membre de l'Ontario Environmental Assessment Board (Brantford), et Gary Runka et Joan Sawicki, G.G. Runka Land Sense Limited (Burnaby), qui ont en outre fourni des données complémentaires. Leurs contributions ont été d'un précieux secours.

Nos remerciements sincères vont à Tony Turner, État de l'environnement, qui a participé à l'étude de cas sur la rivière de la Paix, Alberta.

Neville Ward et Gary Ironside, Rapport sur l'état de l'environnement, ont assuré la coordination du chapitre.

La version finale du chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Marla Sheffer.

6

GRACIEUSETÉ DE D. GUNN, OAKVILLE

POINTS SAILLANTS

En transformant les prairies et les terrains boisés naturels en terres agricoles exploitées de façon intensive et en éliminant les organismes considérés comme des ravageurs ou des mauvaises herbes, l'agriculture a contribué à mettre en danger ou à menacer de disparition au moins 25 espèces sauvages du Canada. L'industrie forestière est directement en cause dans le cas d'au moins 10 espèces menacées ou en danger de disparition au Canada. La chasse, la pêche et le piégeage ont contribué à mettre en péril au moins 16 espèces canadiennes, principalement avant l'avènement des pratiques fauniques modernes. Les effets souvent combinés de l'urbanisation et de l'expansion industrielle ont entraîné l'envahissement ou la pollution de l'espace vital d'au moins 12 espèces menacées ou en danger de disparition au Canada.

▪

L'étude comparée des sept grandes biozones du Canada met en évidence les agressions d'origine anthropique dont sont victimes les espèces sauvages. Les biozones arctique et boréale, qui sont les plus vastes mais aussi les moins peuplées, abritent le plus petit nombre d'espèces en danger. Par contre, la biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, qui est la plus petite mais la plus peuplée, renferme le plus grand nombre d'espèces menacées ou en danger de disparition.

▪

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine vise à accroître les populations de sauvagine sur le continent grâce à la préservation et à l'amélioration des aires de reproduction, de repos et d'hivernage dans les milieux humides. Parrainé par des organismes fédéraux, provinciaux, privés et des États-Unis, ce plan est le plus vaste programme de soutien des populations fauniques au Canada, avec un budget canadien annuel supérieur à 60 millions de dollars.

▪

Le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, qui regroupe des organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux chargés de la gestion des espèces sauvages, de même que trois grandes associations non gouvernementales, soit la Fédération canadienne de la nature, la Fédération canadienne de la faune et le Fonds mondial pour la nature Canada, examinent les rapports scientifiques rédigés sur les espèces végétales et animales indigènes de façon à déterminer quelles espèces sont en danger de disparition, menacées ou vulnérables.

▪

Des organismes gouvernementaux et non gouvernementaux composent également le Comité sur le rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ) chargé d'évaluer les chances réelles de sauvegarder les espèces en danger de disparition.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 6-4

La biodiversité 6-4
La définition de la biodiversité 6-4
L'importance de la biodiversité 6-4
La perte réelle et potentielle de la biodiversité 6-6

Les pressions exercées sur les espèces sauvages 6-6
L'agriculture 6-6
L'exploitation forestière 6-7
Les dépôts acides 6-8
Les contaminants toxiques 6-8
Les espèces introduites 6-11
Le changement climatique 6-12

Les tendances des espèces sauvages dans les biozones du Canada 6-12
La biozone du Pacifique et des Rocheuses 6-12
La biozone arctique 6-15
La biozone boréale 6-17
La biozone des Prairies 6-18
La biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent 6-19
La biozone des Maritimes 6-20
La biozone du littoral maritime 6-21

Les mesures de conservation 6-21
Le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC) 6-22
Le rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ) 6-23
Le Fonds de rétablissement des espèces canadiennes en péril 6-23
Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine 6-23
Les conseils de gestion de la faune 6-24

Conclusion 6-25

Ouvrages cités 6-25

Pour de plus amples renseignements 6-28

Remerciements 6-29

Liste des encadrés

6.1 Le naseux des rapides de Banff : une espèce disparue à jamais **6-15**
6.2 Le pélican blanc d'Amérique ou le rétablissement d'une espèce **6-19**
6.3 Que pouvons-nous faire? **6-21**

Liste des figures

6.1 Concentrations de BPC dans les tissus adipeux des ours blancs de l'Arctique canadien, 1982–1984 . . . . . **6-9**
6.2 Tendances de la concentration annuelle moyenne de dieldrine dans les œufs de goélands argentés de huit colonies des Grands Lacs **6-10**
6.3 Les biozones du Canada **6-13**
6.4 Tendances du nombre d'oies au plumage blanc et d'oies et de bernaches au plumage sombre dans les aires d'hivernage aux États-Unis **6-18**
6.5 Tendances du nombre de canards reproducteurs (toutes les espèces) et d'étangs dans l'ouest du Canada **6-20**
6.6 Tendances de la taille des populations reproductrices du canard colvert et du canard pilet dans l'ouest du Canada **6-20**
6.7 Tendance du nombre de canards noirs dans les aires d'hivernage en Amérique du Nord **6-22**

Liste des tableaux

6.1 Sommaire de la diversité biologique des espèces sauvages du Canada **6-5**
6.2 Correspondance entre les sept biozones et les écozones terrestres du Canada **6-13**
6.3 Statut actuel et biozones des espèces, sous-espèces et populations menacées et en danger de disparition au Canada **6-14**
6.4 Nombre d'espèces, de sous-espèces et de populations menacées et en danger de disparition dans chacune des biozones du Canada **6-14**
6.5 Statut et tendances de certaines populations fauniques au Canada, par biozone **6-16**
6.6 Nombre total d'espèces, de sous-espèces ou de populations désignées par le CSEMDC comme étant en danger de disparition, menacées ou vulnérables, 1991 . . . . . **6-23**
6.7 Efforts de protection et de rétablissement des mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens et reptiles menacés ou en danger de disparition **6-24**

« Notre avenir est lié à celui des animaux. »

Rachel Carson, 1988

INTRODUCTION

La survie de populations fauniques et d'espèces floristiques saines est étroitement associée à la protection de la diversité biologique et constitue un élément clé de la bonne santé environnementale d'un pays. Afin de protéger des formes de vie non visées auparavant par les politiques du gouvernement en matière d'environnement, le Conseil canadien des ministres de la Faune (1990) a élargi la notion de conservation des « espèces sauvages », celles-ci comprenant non seulement les vertébrés (mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens et reptiles) mais aussi les invertébrés, les plantes vasculaires, les algues, les champignons, les bactéries et tous les autres organismes sauvages.

Le présent chapitre résume l'état des espèces de faune et de flore sauvages au Canada, principalement d'après une évaluation des conditions et tendances de leur biodiversité. Les données disponibles sur les populations ont été étudiées en fonction de sept grandes biozones. À la fin du chapitre, les auteurs donnent un bref aperçu des mesures de conservation prises pour améliorer le sort des populations fauniques et floristiques sauvages.

LA BIODIVERSITÉ

La définition de la biodiversité

La biodiversité, ou diversité biologique, désigne la variété et la variabilité des organismes vivants et des complexes écologiques qui leur sont associés (Office of Technology Assessment, 1987). Elle englobe tout le riche tissu de la vie : la biosphère terrestre, les écosystèmes, les espèces et la variation génétique intraspécifique. Dans le présent chapitre, le terme « espèces sauvages » désigne tous les organismes sauvages du Canada, tels qu'ils sont résumés au tableau 6.1 et définis dans la Politique des espèces sauvages pour le Canada (Conseil canadien des ministres de la Faune, 1990). Ainsi définies, les espèces sauvages du Canada réunissent près de 1 950 espèces connues d'animaux vertébrés et quelque 4 200 espèces connues de plantes vasculaires, dont environ 3 300 sont indigènes du Canada. Les invertébrés, qui n'ont pas été étudiés de façon aussi exhaustive, regrouperaient environ 95 000 espèces. Près de 34 000 espèces d'insectes ont été répertoriées au Canada; il en existerait presque autant qui sont encore inconnues et qui n'ont pas été décrites ou classées (Danks, 1988).

Le maintien de la biodiversité fait partie d'un objectif plus global en matière d'environnement : protéger l'intégrité des écosystèmes naturels et la santé de l'écosphère en général. L'« intégrité » d'un écosystème se traduit par sa capacité à entretenir la vie de communautés fauniques et floristiques équilibrées et capables de s'adapter, la composition et le rôle des différentes espèces qui les caractérisent étant fonction d'un habitat donné (Karr et Dudley, 1981). La « santé » de l'écosphère a trait à la stabilité des écosystèmes, à leur autosuffisance, à leur capacité à réaliser leur potentiel inhérent et à se rétablir lorsqu'ils sont perturbés (Karr et collab., 1986). La santé des populations fauniques et floristiques est un excellent indicateur de la santé du milieu.

L'utilisation de la biodiversité pour mesurer le bien-être de l'environnement du Canada est un exercice complexe. Il faut prendre en compte tous les individus, les populations, les communautés et les écosystèmes; toutefois, dans de nombreux cas, les données susceptibles de nous renseigner sont rares, voire inexistantes. Ainsi, nous possédons très peu de données sur les groupes moins connus tels les invertébrés et les plantes vasculaires (tableau 6.1), ou sur les interactions entre les organismes indispensables à la santé des écosystèmes.

L'importance de la biodiversité

La grande majorité des Canadiens attachent de l'importance aux mammifères, aux oiseaux et aux poissons à

l'état sauvage. Cependant, rares sont ceux qui reconnaissent le rôle écologique primordial des bactéries, des algues, des champignons et des invertébrés dans les processus écologiques essentiels comme la production de l'oxygène, la fixation de l'azote, le cycle des éléments nutritifs, la décomposition des déchets, l'épuration de l'eau et la formation du sol. Une seule cuillerée à thé de sol peut entretenir 10 millions de bactéries et plus de 2 km de filaments fongiques microscopiques (Hill, 1989). La santé et l'abondance des espèces vertébrées, y compris l'être humain, sont intimement liées au bien-être des invertébrés, des plantes et des micro-organismes dont elles sont tributaires.

En tant que ressource, les espèces sauvages offrent un large éventail d'avantages sociaux et économiques aux Canadiens. Bon nombre de ceux qui adoptent un mode de vie traditionnel dépendent encore directement des animaux sauvages en tant que sources importantes d'aliments, de vêtements et de revenus. Une proportion beaucoup plus grande d'êtres humains tire des gains économiques indirects du prélèvement des espèces fauniques et floristiques indigènes et de leur transformation en une foule de produits commerciaux allant des aliments et des produits de la mode aux médicaments en passant par le papier et les matériaux de construction. La valeur économique des espèces sauvages est considérable. Par exemple, la valeur marchande des poissons pêchés dans les eaux canadiennes a atteint plus de 3,2 milliards de dollars en 1988, et la pêche à la ligne a injecté 14,4 milliards de dollars dans l'économie canadienne (voir le chapitre 8). En 1988, la valeur totale des produits forestiers a avoisiné 49 milliards de dollars et, en 1989, la foresterie a contribué pour 19,5 milliards de dollars à la balance commerciale du Canada, soit plus que l'agriculture, l'exploitation minière et l'énergie réunies (Forêts Canada, 1991). La survie de ces industries dépend presque exclusivement de la pérennité des animaux et des plantes sauvages.

Sommaire de la diversité biologique des espèces sauvages du Canada

Groupes de plantes et d'animaux	Espèces connues[a]	Espèces présumées[a]	Principales pressions/agressions
Algues et diatomées	5 323	2 800	Pollution de l'eau
Myxophytes, champignons et lichens	11 400	3 600	Pollution atmosphérique
Mousses et hépatiques	965	50	Réduction de l'habitat, notamment déboisement et perte de milieux humides
Fougères et plantes associées	141	15	Réduction de l'habitat
Plantes vasculaires (environ 78 % d'indigènes)	4 187[b]	100	Réduction de l'habitat
Mollusques	1 121	100	Modification de la qualité de l'eau
Crustacés	3 008	1 100	Surexploitation, pollution de l'eau
Insectes	33 755	32 800	Modification de l'habitat, biocides
Araignées, acariens et tiques	3 171	7 700	Modification de l'habitat, biocides
Autres invertébrés	6 879	5 000	Modification de l'habitat, biocides
Requins, poissons osseux et lamproies	1 091	513	Destruction de l'habitat, pollution de l'eau, surexploitation
Amphibiens et reptiles	83	2	Destruction de l'habitat, précipitations acides, surexploitation
Oiseaux	578	0	Modification et perte de l'habitat, biocides, concurrence d'espèces exotiques, chasse
Mammifères (à l'exclusion des humains)	193	0	Modification et perte de l'habitat, chasse
Total	**71 895**	**53 780**	

[a] Les « espèces connues » sont celles qui ont déjà été désignées et décrites, tandis que les « espèces présumées » sont celles qui existeraient mais qui n'ont pas encore été désignées ou décrites. Les bactéries et les virus contribuent également en partie à la diversité biologique du Canada. Il y en aurait près de 170 000 espèces au pays, mais seulement 2 200 environ ont été désignées.

[b] Parmi toutes les plantes vasculaires, 3 269 sont des espèces indigènes et 918 sont introduites ou exotiques.

Source : Abrégé de Mosquin, 1990.

Les activités axées plus directement sur la faune procurent également d'importants avantages économiques à l'ensemble du pays. Ainsi, en 1987, 1,7 million de Canadiens (8,4 % de la population) ont pratiqué la chasse et 5,6 millions (28,1 %), la pêche sportive, 15,2 millions (75,9 %) ont observé, photographié ou étudié la faune, et 17,1 millions (85,5 %) ont regardé des films ou des émissions télévisées sur la faune ou lu des livres et des revues sur le sujet. Selon les estimations, les Canadiens ont dépensé 9,4 milliards de dollars pour toutes ces activités combinées. Cette somme comprend l'achat de permis et de matériel de chasse et de pêche, de vêtements de plein air, de jumelles et de mangeoires d'oiseaux, de même que les coûts de transport et d'hébergement. En 1987, en plus de générer 284 000 emplois au Canada, la faune a contribué pour 11,5 milliards de dollars au produit intérieur brut et pour 4,5 milliards de dollars aux recettes des gouvernements (Filion et collab., 1990).

La perte réelle et potentielle de la biodiversité

La perte réelle et potentielle de la biodiversité représente un bon indicateur des pressions exercées par les activités humaines sur l'environnement au Canada. Depuis l'arrivée des Européens au début du XVI[e] siècle, 19 espèces ou sous-espèces animales ont disparu au Canada. Neuf d'entre elles n'existent plus nulle part dans le monde, tandis que des populations résiduelles des 10 autres espèces subsistent dans certaines régions du monde. Le vison de mer, la tourte, le grand pingouin, le saumon du lac Ontario et le doré bleu ont été surexploités et décimés avant l'adoption des lois régissant le gibier. La disparition du putois d'Amérique est plus récente et elle est attribuable au remplacement de la végétation indigène par des cultures agricoles et à la destruction de l'habitat essentiel à cette espèce. De fait, à l'heure actuelle, la destruction de l'habitat représente une menace beaucoup plus grave que la chasse pour maintes espèces fauniques. La disparition de l'espace vital et d'autres changements environnementaux provoqués par les activités humaines ont créé des conditions défavorables à la survie et à la reproduction de nombreuses espèces.

LES PRESSIONS EXERCÉES SUR LES ESPÈCES SAUVAGES

L'économie du Canada a toujours été largement tributaire des ressources naturelles. Au début, la traite des fourrures, l'extraction de l'huile de baleine et la pêche ont permis d'amasser des fortunes. Plus tard, la récolte du bois d'œuvre, l'exploitation minière, la prospection pétrolière et gazière et les cultures céréalières ont alimenté le moteur de l'économie tout en anéantissant de vastes superficies d'habitats naturels. Aujourd'hui, l'abattage du bois, l'exploitation minière, la prospection pétrolière et gazière et l'agriculture continuent d'exercer des pressions croissantes sur les écosystèmes qui abritent les populations fauniques et floristiques du Canada. Quelques exemples des principales pressions exercées sur différentes espèces sauvages du Canada sont donnés dans les pages suivantes; par ailleurs, le problème de la perte et de la dégradation de l'habitat est traité au chapitre 26.

L'agriculture

Parmi toutes les activités humaines, l'agriculture a probablement eu les répercussions directes et indirectes les plus considérables sur les espèces sauvages. En déboisant les forêts, en remplaçant la végétation indigène par des cultures, en asséchant les milieux humides et en déstabilisant les équilibres biochimiques naturels par l'emploi d'engrais chimiques, d'insecticides et d'herbicides, l'agriculture a entraîné des réductions importantes de l'effectif et de l'aire de répartition de certaines espèces et l'introduction d'autres espèces dans de nouvelles régions.

Ainsi, la grande poule-des-prairies a récemment disparu des provinces des Prairies par suite de l'intensification du pâturage par les bovins et de la culture des céréales (Minish, 1990). En Ontario, la culture intensive a réduit la superficie de l'habitat humide et herbeux des baissières utilisé par le bruant de Henslow, une espèce menacée (Knapton, 1984; McNicholl, 1988). Par contre, le vacher à tête brune, confiné à l'origine aux herbages des Prairies, s'est propagé vers l'est jusqu'aux Maritimes, dans des régions déboisées à des fins agricoles (Cadman et collab., 1987). L'expansion de cet oiseau a eu à son tour des répercussions sur d'autres espèces indigènes. Le vacher à tête brune adopte une stratégie de reproduction parasite : il dépose ses œufs dans les nids du viréo aux yeux rouges, de la paruline jaune, du bruant chanteur et d'autres oiseaux chanteurs, ce qui diminue d'autant les chances des oiseaux hôtes d'élever avec succès leur propre progéniture.

L'agriculture peut également avoir des incidences préjudiciables sur les espèces végétales. Une fois perturbées et remplacées par des cultures, maintes communautés végétales indigènes ne peuvent se rétablir, même si toute activité cesse ultérieurement sur les terres visées. Les graminées et les fleurs sauvages primitives, souvent adaptées à des niches écologiques hautement spécialisées, ont tendance à être remplacées par des mauvaises herbes opportunistes dont certaines sont indigènes et d'autres introduites.

Le pâturage des bovins et d'autres animaux domestiques réduit le couvert végétal et, par conséquent, les sources de nourriture et d'abri pour les mammifères, les oiseaux et les invertébrés qui vivent dans les prés et les prairies. Le surpâturage entraîne l'érosion des sols et la dégradation subséquente de l'habitat, surtout en période de sécheresse. Toutefois, le pâturage intensif peut avoir des effets positifs sur certaines espèces. Ainsi, le pluvier montagnard, une espèce en danger de disparition, préfère nicher dans les prairies très pâturées et non dans les régions couvertes d'herbes hautes ou d'arbrisseaux (Wershler et Wallis, 1987). De même, le brûlage et les autres méthodes d'élimination du couvert arbustif et des herbes hautes peuvent détruire l'habitat de certaines espèces sauvages mais favoriser l'expansion d'espèces mieux adaptées à la vie sur des terrains plus exposés.

La plantation de haies brise-vent pour lutter contre l'érosion éolienne a considérablement accru la superficie forestière dans la biozone des Prairies, qui est surtout composée d'herbages (McNicholl, 1988). Par conséquent, des espèces telles que la buse à queue rousse, la tourterelle triste, le tyran de l'Ouest et la corneille d'Amérique ont étendu leur aire de répartition dans cette biozone.

Certaines espèces ont bénéficié de l'accroissement des réserves alimentaires associé aux cultures agricoles. Les canards, les oies, les bernaches, les grues du Canada et d'autres oiseaux migrateurs se nourrissent des grains laissés sur les terres en chaume au Canada et dans les aires d'hivernage aux États-Unis. Les merles et les carouges peuvent se nourrir de fruits et de maïs.

L'agriculture a eu de graves répercussions sur la qualité et la superficie des milieux humides dans le sud du Canada (voir le chapitre 26). L'assèchement des marais et des marécages à des fins agricoles a compté pour 85 % de toutes les pertes de milieux humides au pays (Keating, 1987). Environ 20 % (12 sur 62) des plantes en danger de disparition, menacées ou vulnérables au Canada sont des espèces palustres (E. Haber, Musée canadien de la nature, communication personnelle). La perte de milieux humides exerce donc des pressions énormes sur les populations restantes.

Au cours des dernières années, l'intérêt croissant suscité par la production commerciale d'espèces de gibier indigènes ou exotiques comestibles a fait surgir une autre menace pour la faune. Les animaux qui s'échappent des fermes d'élevage peuvent être porteurs de maladies ou de caractères génétiques susceptibles de contaminer les populations sauvages. La brucellose porcine détectée chez les rennes de l'Alaska et du delta du Mackenzie s'est ainsi propagée aux caribous de la toundra et à leurs prédateurs (Broughton et collab., 1970; Neiland, 1975; Tessaro et Forbes, 1986). En 1990, des épidémies répétées de tuberculose bovine chez les animaux sauvages d'élevage dans l'ouest du Canada ont entraîné la mise en quarantaine généralisée des fermes d'élevage et la destruction de centaines de wapitis, de cerfs mulets, de daims, de bisons et d'autres espèces d'élevage infectés.

L'exploitation forestière

Au Canada, les terres forestières couvrent environ 453 millions d'hectares, dont près de 54 % (244 millions d'hectares) sont considérées comme étant commercialement productives et doivent donc être quelque peu aménagées (Forêts Canada, 1991). De 1986 à 1988, un peu plus d'un million d'hectares de forêts ont été récoltés chaque année en moyenne (Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990), et certains secteurs ont été coupés trois fois, voire quatre, au cours des 200 dernières années. L'abattage, conjugué aux pertes considérables causées chaque année par les incendies de forêt et les insectes (voir le chapitre 10), réduit constamment la superficie des forêts mûres et mélangées du Canada. En reboisant les secteurs brûlés ou coupés avec des semis d'une seule essence, les aménagistes forestiers établissent des fermes forestières de peuplements équiennes à essence unique, ce qui limite encore la diversité des habitats fauniques. De plus, les chemins de débardage et les corridors de transport d'hydroélectricité améliorent l'accès des habitats fauniques pour les chasseurs et d'autres personnes utilisant des véhicules motorisés, ce qui augmente le nombre de prises potentielles et les perturbations dans des secteurs critiques (Stemp, 1985).

Les répercussions des activités forestières sur les espèces sauvages varient d'une région à l'autre au Canada. Ainsi, en Colombie-Britanniques, la survie de maintes espèces est tributaire des vieilles forêts qui ne couvrent plus que 8,8 millions d'hectares environ, soit 9 % de la superficie totale de la province (Foster, 1989). En 1986, sur les 226 464 ha de terrains forestiers récoltés en Colombie-Britannique (Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990), près de 79 000 ha (35 %) se trouvaient dans la forêt ombrophile mûre. Ces arbres sont été remplacés par des peuplements aménagés composés d'une seule essence à croissance rapide (Foster, 1989). Le morcellement des vieilles forêts et leur remplacement par des plantations plus jeunes diminuent la superficie de l'habitat disponible pour la chouette tachetée (en danger de disparition), l'alque marbrée (menacée) et d'autres espèces (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989). D'autres pratiques moins évidentes, comme le débroussaillement, le désherbage et l'épandage d'herbicides pour accélérer la croissance des plantations de résineux, réduisent la quantité de broutilles pour l'orignal, la quantité de petits fruits pour l'ours noir et l'ours brun et l'habitat de nidification de certaines espèces d'oiseaux (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989).

Dans les forêts boréales, les coupes rases ont des effets similaires à ceux des incendies de forêt en maintenant de vastes étendues dans les premiers stades de croissance (Martell, 1984). Le cerf de Virginie, le cerf mulet, l'orignal, le wapiti, le moucherolle des aulnes et le bruant à gorge blanche bénéficient souvent de la végétation arbustive qui succède à la coupe. Toutefois, la martre des pins, le roitelet à couronne dorée, la grive à dos olive et d'autres espèces qui préfèrent les forêts matures de résineux peuvent diminuer en nombre. Contrairement à ce qui se produit dans les peuplements mûrs intacts, les populations de martres ont chuté de 67 à 90 % dans les secteurs coupés et subissent donc les contrecoups jusqu'à 40 ans après l'abattage (Thompson, 1988).

Dans les régions densément peuplées de l'est du Canada, le morcellement des forêts restantes causé par la construction de routes, l'urbanisation, l'industrialisation et l'agriculture est chose courante, ce qui a pour effet de réduire le couvert forestier et d'accroître la superficie des habitats de l'écotone, ou zone de transition. Le colibri à gorge rubis et d'autres oiseaux qui nichent à l'orée des forêts mélangées en tirent des avantages. De même, les mulots, les écureuils, les suisses et d'autres petits mammifères trouvent des noix et des fruits en abondance dans cette zone. Les lièvres, les lapins et les cerfs abondent également à l'orée des forêts qui regorgent de broutilles. Toutefois, dans le sud de l'Ontario, au Québec et en Nouvelle-Écosse, le petit polatouche (vulnérable) a subi les contrecoups de la perte et du morcellement de l'habitat forestier et de la disparition des vieux arbres creux dans lesquels il niche et passe l'hiver (Stabb, 1988). La coupe sélective, communément pratiquée dans le sud de l'Ontario, élimine les arbres mûrs, crée des trous dans le couvert forestier et rend les boisés moins favorables à la buse à épaulettes (Cadman, 1989).

Jusqu'à maintenant, les aménagistes ont toujours considéré la conservation de la faune dans son ensemble d'un

point de vue assez restrictif, s'intéressant presque exclusivement aux espèces recherchées par les chasseurs et les trappeurs, soit le cerf, l'orignal, le wapiti, les mammifères à fourrure et la gélinotte huppée. Ces dernières années, certains gestionnaires des ressources sont devenus plus conscients des relations écologiques qui définissent une communauté forestière et ont reconnu le rôle des différentes espèces et leurs besoins en matière d'habitat, tels la martre des pins et le grand pic, qui trouvent refuge et se reproduisent dans les arbres creux. Une sensibilisation plus grande à l'importance des espèces en danger de disparition, menacées et vulnérables pourrait entraîner l'adoption de mesures de gestion axées sur la survie et le rétablissement de ces espèces (Quinlan et collab., 1990).

Les dépôts acides

Les dépôts acides, plus communément appelés pluies ou précipitations acides (voir le chapitre 24), introduisent dans les habitats terrestres et aquatiques des polluants acides provenant habituellement de régions éloignées. Le problème est particulièrement aigu dans l'est du Canada, qui reçoit les polluants des grands centres industriels des États-Unis et du Canada. En fait, aucune région du pays n'est épargnée. Le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest sont exposés aux polluants acides provenant de sources nord-américaines et eurasiennes.

En modifiant les habitats, les polluants acides ont d'importantes répercussions directes et indirectes sur la faune et la flore du Canada. Un peu plus de 60 % des terres du pays peuvent seulement neutraliser en partie les acides (Environnement Canada, 1988). Des substances chimiques sont lessivées des sols, privant les plantes et les animaux des éléments nutritifs essentiels à leur croissance normale. Le transport des éléments nutritifs et de l'eau entre les racines et les branches peut être modifié, et même les bactéries fixatrices d'azote présentes dans le sol peuvent perdre leur efficacité (Hirvonen, 1989).

La faune des écosystèmes aquatiques est particulièrement vulnérable aux dépôts acides. L'acidification des cours d'eau et des lacs nuit à l'éclosion et au développement des œufs des organismes aquatiques. Les espèces les plus sensibles, y compris maintes espèces de poissons, d'insectes, de crustacés et de mollusques, finissent par disparaître. Un écosystème aquatique appauvri ne peut plus fournir les éléments nutritifs essentiels à la sauvagine pendant la période de reproduction. Durant cette période, le calcium est nécessaire à la formation des coquilles et les jeunes en pleine croissance ont des besoins considérables en protéines (Comité de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990, partie 4). Dans un milieu plus acide, l'aluminium, le cadmium, le plomb et d'autres métaux potentiellement toxiques deviennent plus solubles et sont « mobilisés » dans l'eau. Les fortes teneurs en méthylmercure des tissus des poissons peuvent inhiber la reproduction des visons, des huarts et d'autres prédateurs (Scheuhammer, 1991). Les plantes vasculaires absorbent le cadmium, ce dernier s'accumulant ensuite dans le foie et les reins des herbivores, tels l'orignal et le caribou, à des teneurs nocives pour l'être humain (Comité de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990, partie 5).

Les niveaux critiques des dépôts de sulfate acide au-delà desquels des dommages biologiques sont causés aux habitats aquatiques ont été établis à moins de 20 kg/ha/an pour la majeure partie de l'est du Canada et à moins de 8 kg/ha/an pour les provinces de l'Atlantique, où les sols et les eaux sont particulièrement sensibles (Comité de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990, partie 4). Dans la plus grande partie du sud-est du Canada, les teneurs en sulfate sont supérieures à ces niveaux critiques, ce qui entraîne une réduction de la diversité des espèces dans des milliers de lacs et de cours d'eau. Par exemple, plus de 55 000 lacs de l'est du Canada ont probablement perdu au moins 20 % de leurs espèces potentielles (Minns et collab., 1990); les poissons et les mollusques ont été particulièrement touchés. L'analyse des données historiques révèle que plusieurs espèces d'éphémères et de perlides sensibles aux acides ont disparu des cours d'eau du parc Algonquin, en Ontario (Hall et Ide, 1987). Par ailleurs, la réduction des émissions a entraîné une régénération progressive des écosystèmes lacustres (Schindler, 1988).

Au Québec et en Ontario, les polluants acides sont à l'origine du dépérissement des érables à sucre, lequel est probablement imputable, dans une large mesure, à la perte des éléments nutritifs essentiels du sol. Ce dépérissement a aussi entraîné la perte d'habitats pour le moucherolle tchébec et d'autres oiseaux qui se nourrissent dans les forêts mûres de feuillus (Comité de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990, partie 5). Le dépérissement rapide du bouleau à papier sur les rives de la baie de Fundy, au Nouveau-Brunswick, est également attribuable à l'acidification.

Les contaminants toxiques

Les contaminants toxiques peuvent avoir de graves répercussions sur l'ensemble des espèces sauvages, des plus petits micro-organismes jusqu'aux plus grandes espèces de plantes et d'animaux vertébrés. Des problèmes de reproduction, des malformations congénitales, des altérations physiologiques et éthologiques et des cas de mortalité ont été reliés à la présence de substances toxiques dans l'environnement. La solubilité de nombreux contaminants toxiques dans les tissus adipeux des animaux, combinée à la bioamplification de ces substances dans la chaîne alimentaire, rend maints mammifères, oiseaux et poissons particulièrement vulnérables.

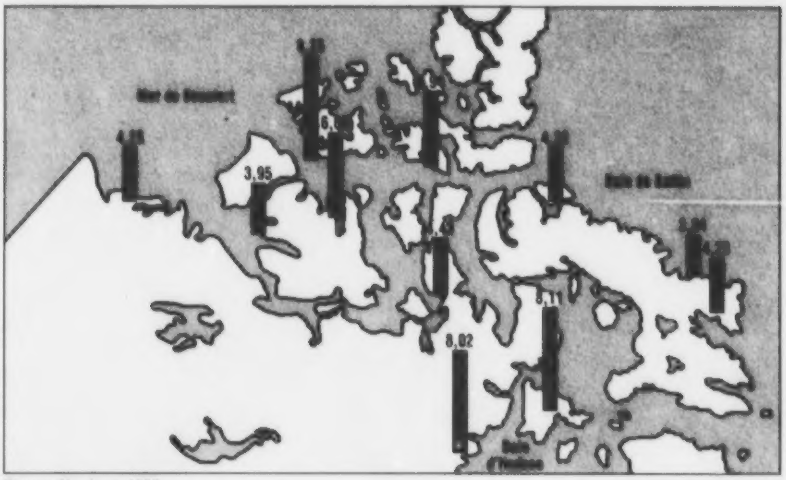
Les contaminants toxiques peuvent être classés dans deux grandes catégories : ceux qui pénètrent dans l'environnement sous forme de sous-produits accessoires des procédés de fabrication industrielle et ceux, tels les pesticides et les engrais, dont la production et l'utilisation sont intentionnelles. Des milliers de contaminants toxiques sont connus; malheureusement, quelques-uns seulement ont fait l'objet d'études visant

à déterminer leurs incidences sur les espèces sauvages. Certaines conclusions tirées par les biologistes sont examinées dans les paragraphes suivants.

La surveillance des contaminants dans les œufs des oiseaux de mer révèle que les concentrations de DDT et de ses dérivés ont diminué de façon spectaculaire dans la plupart des écosystèmes marins côtiers depuis le début des années 1970 (Noble et Elliott, 1986). Toutefois, elles demeurent élevées dans l'estuaire du Saint-Laurent en raison du rejet des déchets industriels et des eaux usées urbaines, de la mobilisation des polluants présents dans les sédiments et le sol, de l'emploi de produits chimiques agricoles et du dépôt de particules atmosphériques dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent. Les concentrations de BPC ont également diminué dans la plupart des endroits échantillonnés, sauf dans l'estuaire du Saint-Laurent et au large de la côte ouest de l'île de Vancouver.

Règle générale, les écosystèmes marins de l'Arctique canadien sont moins gravement contaminés que ceux des régions plus méridionales. Par exemple, les concentrations de BPC et de DDT chez les phoques annelés et les bélugas de l'Arctique sont 10 à 50 fois inférieures à celles détectées chez ces mêmes espèces sous les latitudes moyennes, au Canada et en Scandinavie. Par contre, même les espèces arctiques ne sont pas totalement à l'abri des sous-produits toxiques liés aux activités humaines. Les concentrations de BPC total dans des échantillons de tissus adipeux d'ours blancs analysés entre 1982 et 1984 oscillaient généralement entre 3 et 8 ppm (figure 6.1). Les concentrations de composés de chlordane dans les tissus adipeux et le foie variaient de 2 à 8 ppm. Les incidences de ces substances sur les ours sont encore inconnues. Toutefois, les fœtus et les petits sont probablement plus sensibles aux effets toxiques des composés organochlorés que les ours plus âgés, car de fortes concentrations sont mobilisées dans la graisse de la femelle en hiver et transférées aux petits par le placenta et le lait maternel après la mise-bas (Norstrom, 1990). La

Concentrations de BPC (ppm) dans les tissus adipeux des ours blancs de l'Arctique canadien, 1982–1984



Source : Norstrom, 1990.

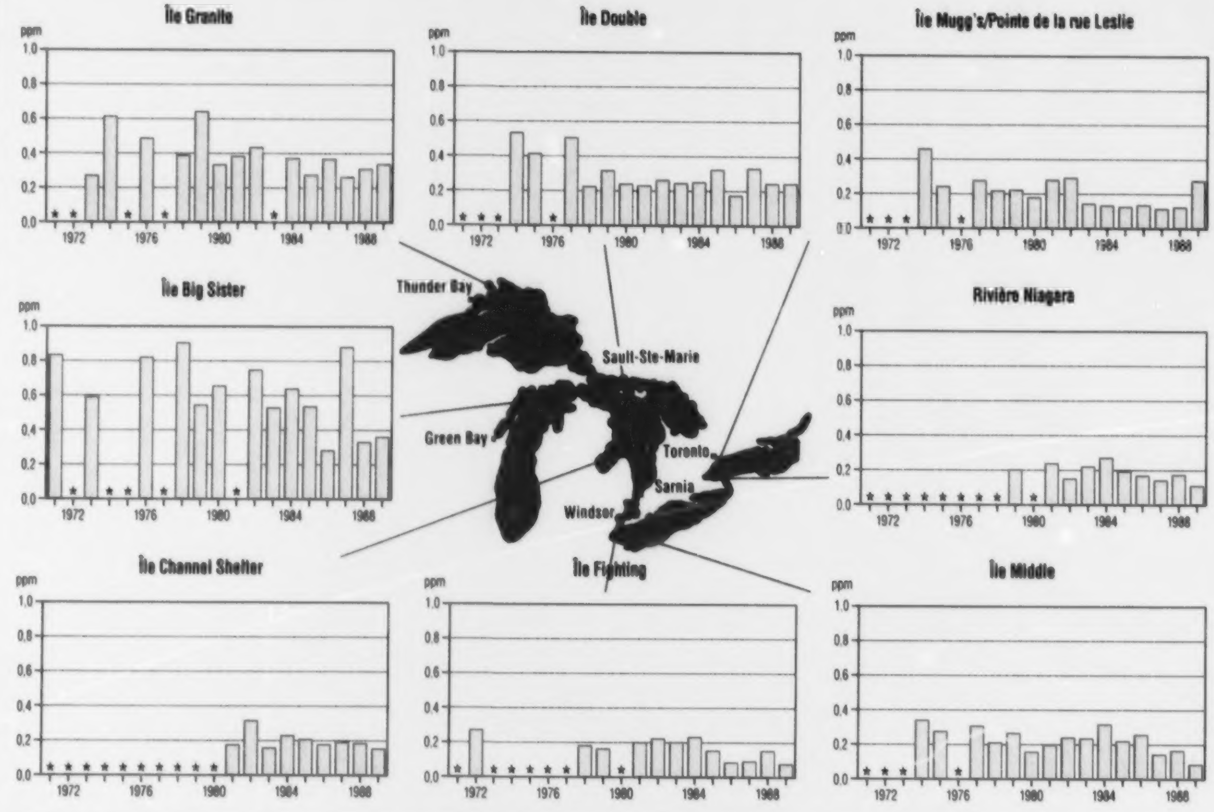
découverte de BPC et de composés de chlordane dans tous les secteurs échantillonnés indique que le transport à distance des composés organochlorés provenant de sources lointaines est la cause principale de la contamination des écosystèmes marins arctiques (voir le chapitre 15). De même, les concentrations de dioxine dans les tissus des ours blancs et des phoques annelés du centre de l'Arctique sont supérieures à celles détectées dans la faune des régions plus méridionales du Canada, preuve indéniable que les contaminants provenaient de l'extérieur de l'Amérique du Nord (Twitchell, 1991).

Les concentrations de contaminants dans les Grands Lacs sont surveillées depuis 1968. Les concentrations d'à peu près tous les composés organochlorés mesurés, telle la dieldrine dans les œufs du goéland argenté, ont généralement diminué entre le début et le milieu des années 1970 (figure 6.2; voir aussi le chapitre 18). Toutefois, les concentrations actuelles de certains contaminants seraient encore assez élevées pour causer des problèmes de reproduction et des malformations congénitales. Ces effets sont actuellement observés uniquement dans certaines régions où il existe encore des sources locales de contamination (K.M. Lloyd, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle). Les populations de plusieurs espèces de rapaces se sont effondrées entre 1946 et 1971 sous l'effet des pesticides organochlorés qui ont nui à leur reproduction. La plupart d'entre elles se sont stabilisées ou sont en voie de rétablissement, sauf quelques exceptions comme la buse à épaulettes (Bednarz et collab., 1990).

De fortes concentrations de dioxines et de furanes ont été récemment détectées dans les œufs du grand héron (Elliott et collab., 1989) et du cormoran (Whitehead et collab., 1989), dans le foie de la sauvagine piscivore (Whitehead et collab., 1990) et dans des poissons, mollusques et crustacés prélevés près des usines de pâte kraft, en Colombie-Britannique. Près de Vancouver, dans une colonie de grands hérons, les concentrations de diverses dioxines étaient 3 à 10 fois supérieures en 1989 à celles observées entre 1982 et 1986 (Whitehead et collab., 1989). Ces contaminants seraient produits au cours du procédé de blanchiment au chlore utilisé dans les usines de pâtes et papiers et proviendraient également des

FIGURE 6.2

Tendances de la concentration annuelle moyenne de dieldrine dans les œufs de goélands argentés de huit colonies des Grands Lacs



*Aucune donnée.

Source : Bishop et Weseloh, 1990.

produits chimiques au chlorophénol servant au traitement du bois dans les scieries. Les dioxines sont très toxiques pour les embryons des oiseaux. Des études ont associé les fortes teneurs en dioxines des embryons du grand héron aux effets sublétaux de ce produit, qui comprennent la diminution du poids corporel, des œdèmes et l'induction des enzymes hépatiques (Bellward et collab., 1990; Hart et collab., 1991). Les dioxines sont peut-être partiellement en cause dans l'échec de la reproduction observé en 1987 à la colonie de grands hérons située près d'une usine de pâte kraft à Crofton, en Colombie-Britannique (Elliott et collab., 1989).

Plus de 30 pesticides homologués, y compris le diazinon, le carbofurane et le fénitrothion, entraînent la mort chez les oiseaux et les mammifères sauvages, même si les doses prescrites sont respectées. Les insecticides à base d'organophosphates et de carbamates, qui attaquent le système nerveux des insectes et des vertébrés, sont les plus mortels. Des intoxications directes surviennent lorsque les oies, les bernaches et d'autres espèces herbivores ingèrent des plantes contaminées ou lorsque des espèces granivores confondent les granulés d'insecticides avec des graines ou du gravier (Mineau, 1988). Par exemple, un seul granulé de carbofurane peut provoquer la mort d'un bruant lapon, et des volées composées de centaines de ces oiseaux peuvent atterrir dans des champs traités au moment des migrations. Les insecticides pulvérisés peuvent contaminer les oiseaux des forêts et des champs, que ce soit par ingestion, inhalation ou contact avec la peau (Mineau et Peakall, 1987). Les amphibiens peuvent également être exposés aux pesticides dans les écosystèmes terrestres et aquatiques. Les prédateurs qui consomment des proies contaminées peuvent aussi être victimes d'une intoxication secondaire. Par exemple, des pygargues à tête blanche et diverses espèces d'éperviers ont péri après avoir consommé des oiseaux et des mammifères morts par ingestion de granulés de carbofurane. La strych-

nine utilisée pour tuer les loups et les coyotes a également provoqué la mort d'aigles royaux, de grands corbeaux, de renards et d'autres animaux nécrophages. Les rodenticides anticoagulants, tel le brodifacoum, tuent aussi les rapaces qui se nourrissent de cadavres ou de proies moribondes. De même, le fenthion employé pour détruire les moineaux domestiques et les pigeons bisets (pigeons domestiques) a également entraîné la mort des prédateurs des oiseaux contaminés (Hunt et collab., 1991*a*, 1991*b*). Les effets sublétaux des pesticides comprennent un comportement aberrant, une perte de coordination et d'appétit, des problèmes de reproduction et une détérioration générale de la santé. Les oiseaux reproducteurs peuvent rester moins longtemps au nid, être incapables de nourrir adéquatement leur progéniture, échapper moins facilement aux prédateurs et adopter un comportement plus agressif envers leurs partenaires.

Les biopesticides (pesticides biologiques) peuvent également avoir des effets indésirables. Ainsi, l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis* vise plus spécifiquement la spongieuse et la tordeuse des bourgeons de l'épinette que les insecticides chimiques, mais il détruit également tous les papillons diurnes et nocturnes. Le deltaméthrine, le fenvalérate et d'autres pyréthroïdes pulvérisés sur un milieu humide peuvent décimer les invertébrés aquatiques dont se nourrissent la jeune sauvagine et d'autres espèces fauniques (Mineau et collab., 1987).

Les herbicides utilisés dans la lutte contre les plantes indésirables peuvent nuire à la faune, car ils éliminent des sources de nourriture ou d'abri. Par exemple, maintes mauvaises herbes détruites dans les zones agricoles constituent d'importantes sources de nourriture pour les oiseaux. Les herbicides peuvent également éliminer le couvert de nidification des canards qui pondent leurs œufs à l'abri des haies et en bordure des champs. Selon les estimations, l'emploi d'herbicides réduirait d'environ 20 % les chances de nidification des canards qui nichent à ces endroits dans la prairie et la prairie-parc (Sheehan et collab., 1987). L'emploi inconsidéré d'herbicides classiques peut également décimer les plantes en danger de disparition, menacées ou vulnérables, de même que la végétation et les invertébrés aquatiques des milieux humides qui reçoivent les eaux de ruissellement des régions traitées.

Les marées noires représentent une menace constante pour la vie marine et dulcicole. La pollution chronique causée par de fréquents déversements mineurs peut être tout aussi dangereuse pour la faune que les quelques rares déversements majeurs (R.G.B. Brown, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle). Par exemple, selon les estimations, le déversement d'environ 8 000 t de pétrole consécutivement au naufrage du pétrolier *Arrow* au large de la Nouvelle-Écosse, en 1970, a entraîné la mort de 7 200 oiseaux; au cours de la même année, 5 000 oiseaux sont morts par suite du déversement de seulement 30 t de pétrole par la barge *Irving Whale* au large de Terre-Neuve.

Le rejet intentionnel en mer des eaux de lest des pétroliers et d'autres navires contribue, dans une large mesure, à la contamination des eaux marines par les hydrocarbures. Il représente une cause importante de mortalité chez les populations fauniques. Les hydrocarbures constituent une menace pour les marmettes, les macareux, les fulmars, les puffins et divers autres oiseaux de mer et pour les loutres de mer (Brown, 1982). Ils détruisent les qualités imperméabilisantes et isolantes des plumes et de la fourrure. Ils sont également nocifs lorsqu'ils sont ingérés, au moment soit du lissage des plumes ou du poil, soit de la consommation des algues marines souillées ou, dans le cas des prédateurs et des nécrophages, de la consommation de proies ou de charognes contaminées. Les oiseaux de mer sont particulièrement vulnérables dans les colonies de reproduction et les aires d'alimentation où ils se rassemblent. Le risque est similaire dans les eaux douces qui entretiennent de grandes populations de sauvagine et d'autres espèces fauniques, notamment le Cap Tourmente, dans l'estuaire du Saint-Laurent, et les lacs Érié et Sainte-Claire.

Des cas d'intoxication de la sauvagine par le plomb sont signalés en Amérique du Nord depuis la fin des années 1880. Lorsque la sauvagine s'alimente, elle ingère souvent de la grenaille de plomb de chasse contenue dans les sédiments palustres. Plutôt que de passer directement dans le système digestif, cette grenaille reste souvent plusieurs jours dans le gésier où elle facilite le broyage de la nourriture. Par conséquent, le plomb est absorbé par le sang. L'intoxication par le plomb, ou saturnisme, représente un véritable danger pour la sauvagine dans les marais adjacents au lac Sainte-Claire, dans le sud-ouest de l'Ontario, pour la bernache du Canada dans le marais Oak Hammock, au Manitoba, et pour le cygne trompette et le pygargue à tête blanche (via les espèces-proies), en Colombie-Britannique. Depuis 1990, les chasseurs doivent utiliser des balles en acier non toxique le long d'un secteur du périmètre oriental du lac Sainte-Claire, dans le sud de l'île de Vancouver et dans le sud de la partie continentale de la Colombie-Britannique.

Les espèces introduites

Des milliers d'espèces végétales et animales provenant des quatre coins du monde ont été introduites accidentellement ou volontairement au Canada. Bon nombre occupent des habitats artificiels auxquels se sont adaptées peu d'espèces, voire aucune. Toutefois, d'autres ont causé d'importants dommages économiques et écologiques. Plus de 500 espèces de plantes introduites sont devenues des plantes nuisibles (Crompton et collab., 1988), car elles entraînent d'importantes pertes économiques du fait de leur concurrence avec les cultures agricoles. L'étourneau sansonnet, introduit en Amérique du Nord en 1890, a prospéré en se dispersant en grand nombre dans le sud du Canada et en faisant concurrence aux espèces indigènes moins agressives, tel le merle-bleu de l'Est, pour les sites de nidification. Certains écologistes craignent que les mammifères exotiques élevés dans des fermes du Canada puissent s'échapper et transmettre des maladies aux espèces indi-

gènes, s'hybrider avec ces dernières ou leur faire concurrence, comme cela s'est produit récemment dans l'ouest des États-Unis (Lanka et collab., 1990).

Même si des lois nationales et internationales de plus en plus sévères réglementent l'introduction d'espèces exotiques, la liste de ces dernières ne cesse de s'allonger. La dreissena polymorphe, une moule minuscule qui fait actuellement des ravages dans les Grands Lacs, est l'exemple par excellence de la grave menace que représente l'introduction de nouvelles espèces (voir l'encadré 18.2). Ce mollusque européen a été introduit dans le lac Sainte-Claire par le biais des eaux de lest d'un navire (Banks, 1990), probablement en 1985. Comme les moules filtrent le plancton d'énormes quantités d'eau, elles privent les larves de poisson d'une source importante de nourriture et mettent ainsi en péril le doré, l'achigan, la perche et d'autres poissons, de même que les espèces fauniques piscivores occupant des niveaux plus élevés dans la chaîne alimentaire.

Le changement climatique

La combustion des combustibles fossiles et la disparition généralisée du couvert forestier dans le monde entier expliquent la forte hausse des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les émissions de méthane, d'oxyde nitreux, de chlorofluorocarbures et d'ozone troposphérique sont également à la hausse et les concentrations accrues de ces gaz font augmenter ce que l'on appelle « l'effet de serre » (voir le chapitre 22 pour une analyse détaillée des mécanismes de ce phénomène). Le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique (1990) prévoit une augmentation décennale moyenne de 0,3° C de la température moyenne du globe au cours du XXI^{e} siècle, d'après les résultats de la modélisation des émissions actuelles de gaz à effet de serre.

Le réchauffement de la planète aura probablement des incidences considérables sur la biodiversité du Canada, notamment en modifiant les habitats fauniques et floristiques (voir le chapitre 26). Au rythme projeté du réchauffement de la planète, des changements radicaux pourraient se produire au cours d'une vie humaine (Zoltai, 1988). Par exemple, l'expansion des eaux océaniques due à la hausse des températures et à la fonte des glaciers, des calottes polaires et de la glace de mer dans le Haut-Arctique pourrait entraîner une élévation du niveau moyen de la mer d'environ 6 cm par décennie ainsi que l'inondation des plages et des milieux humides côtiers, et ceux-ci ne pourraient plus servir d'aires d'alimentation et d'élevage pour les oiseaux de rivage et la sauvagine. La fonte de la glace de mer arctique pourrait également avoir des effets catastrophiques sur les ours blancs, les morses et les phoques, qui sont tributaires de la glace de mer pour se reposer, s'alimenter et se reproduire.

De l'avis de certains spécialistes, le réchauffement de la planète pourrait être 10 à 40 fois plus rapide que le refroidissement qui a accompagné la glaciation du Wisconsin. Cette période de refroidissement a été marquée par d'importants changements des conditions écologiques, lesquels ont entraîné la disparition d'au moins 32 genres de mammifères (Cubberley, 1989). Les incidences précises du réchauffement de la planète sur des espèces particulières sont encore incertaines, mais les répercussions générales sont évidentes. Les espèces les moins tolérantes aux changements écologiques et celles qui sont les moins aptes à se reproduire rapidement et à coloniser de nouvelles régions seront probablement les plus vulnérables.

LES TENDANCES DES ESPÈCES SAUVAGES DANS LES BIOZONES DU CANADA

Soumise à de nombreuses pressions parfois considérables, comment les espèces sauvages réagissent-elles au Canada? La présente section traite de l'état de ces espèces et des tendances relatives aux populations fauniques et floristiques sauvages des sept biozones (figure 6.3). Ces dernières correspondent généralement aux écozones terrestres du Canada (tableau 6.2) (Wiken, 1986; voir aussi le chapitre 5). Elles couvrent d'immenses paysages et des écosystèmes marins assez connus de la plupart des Canadiens. Les principales caractéristiques physiques et biologiques, les modes d'utilisation des terres et certaines collectivités de chacune des biozones du Canada sont précisées au tableau 5.1 en fonction des diverses écozones.

Les conditions et les tendances des espèces sauvages dans chacune des biozones servent d'indicateurs de la santé générale de l'environnement. La présence d'espèces en péril est un indice de problèmes liés au bien-être environnemental d'une région particulière. Le tableau 6.3 résume la situation actuelle des espèces, sous-espèces et populations en danger de disparition et menacées au Canada et précise la ou les biozones où elles vivent. Près de la moitié des espèces en danger de disparition et menacées au Canada se rencontrent dans la biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (tableau 6.4).

La biozone du Pacifique et des Rocheuses

La biozone du Pacifique et des Rocheuses est caractérisée par la plus riche biodiversité au Canada. Deux espèces en danger de disparition, la marmotte de l'île de Vancouver et l'épinoche du lac Enos, y sont endémiques, c'est-à-dire qu'elles ne se rencontrent nulle part ailleurs. Selon les estimations, la population de marmottes de l'île de Vancouver compte quelque 300 individus (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989), ce qui représente une hausse par rapport aux 234 marmottes dénombrées en 1984 (Munro et collab., 1985).

Environ 16 000 ours bruns, soit 80 % de la population totale de l'espèce (20 000 sujets au Canada), vivent en Colombie-Britannique et au Yukon. Les autres se rencontrent en Alberta et

dans les Territoires du Nord-Ouest (Macey, 1979). La population d'ours bruns de la Colombie-Britannique serait stable ou en baisse (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989); toutefois, selon certains groupes environnementalistes, le chiffre de 12 500 ours serait exagéré dans la province. L'ours brun s'adapte mal à la présence humaine. Par conséquent, les populations locales continuent d'être vulnérables à l'intensification des activités d'exploitation forestière et minière ainsi qu'à une présence humaine accrue dans les régions éloignées (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989).

Dans la biozone du Pacifique et des Rocheuses, la majeure partie des populations d'ongulés semblent bien se porter : elles sont en hausse chez le cerf mulet (135 000 individus) et le wapiti des montagnes Rocheuses (35 000 individus), stables ou en hausse chez le mouflon des montagnes Rocheuses (2 500), le mouflon de Californie (3 000), le mouflon de Dall (500) et le mouflon de Stone (11 500). En Colombie-Britannique, les hardes de caribous de montagne seraient stables, avec une population cumulative totale d'environ 13 500 têtes; toutefois, pour assurer la survie à long terme de populations saines dans le centre et le sud-est de la province, il faudra protéger une superficie adéquate de vieille forêt (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989). La harde de caribous de la Porcupine (caribous de la toundra), dont l'aire de répartition se trouve principalement au Yukon et en Alaska et l'aire de mise-bas, dans la biozone arctique, connaît un taux d'accroissement annuel moyen de 5 % depuis 1983 et comptait environ 178 000 têtes en 1989 (Conseil de gestion de la harde de caribous de la Porcupine, 1990). Toutefois, le projet d'exploitation pétrolière dans l'Arctic National Wildlife Refuge, en Alaska, pourrait mettre cette harde en péril.

L'alque à cou blanc, un oiseau de mer qui niche dans des terriers, a diminué dans plusieurs colonies des îles de la Reine-Charlotte, où les rats et des prédateurs introduits semblent être la cause du problème. Les populations d'autres oiseaux de mer nichant dans des terriers semblent être stables ou en hausse, avec 2,2 millions d'alques de Cassin (A.J. Gaston, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle) et 446 000 macareux rhinocéros

Les biozones du Canada

Source : Burnett et collab., 1989.

TABLEAU 6.2

Correspondance entre les sept biozones et les écozones terrestres du Canada

Biozone	Écozone(s) terrestre(s)
Pacifique/Rocheuses	Toundra de la cordillère, cordillère boréale, maritime du Pacifique et cordillère montagnarde
Arctique	Bas-Arctique, Haut-Arctique, cordillère arctique et plaines hudsoniennes
Boréale	Plaines boréales, taïga des plaines, taïga du Bouclier et Bouclier boréal
Prairies	Prairies
Grands Lacs/ fleuve Saint-Laurent	Plaines à forêts mixtes
Maritimes	Maritime de l'Atlantique
Littoral maritime	Ne s'applique pas : englobe les milieux marins des océans Pacifique, Arctique et Atlantique

Statut actuel et biozones des espèces, sous-espèces et populations menacées et en danger de disparition au Canada

Groupe d'espèces	Statut et biozones[a] — En danger de disparition[b]	Statut et biozones[a] — Menacées[b]
Mammifères	Baleine boréale **LM** Baleine noire **LM** Béluga • pop. du sud-est de l'île de Baffin **A, LM** • pop. du fleuve Saint-Laurent **GL** • pop. de la baie d'Ungava **LM** Carcajou (pop. de l'Est) **B, A** Caribou de Peary • pop. de l'île de Banks **A** • pop. du Haut-Arctique **A** Couguar de l'Est **M, B, GL** Loutre de mer **LM** Marmotte de l'île de Vancouver **PR**	Belette à longue queue (des Prairies) **P** Béluga (pop. de l'est de la baie d'Hudson) **A, LM** Bison des bois **B** Caribou de Peary (pop. du Bas-Arctique) **A** Caribou des bois (pop. des Maritimes) **M** Marsouin commun (pop. de l'ouest de l'Atlantique) **LM** Martre d'Amérique (pop. de Terre-Neuve) **B** Rorqual à bosse (pop. du Pacifique Nord) **LM**
Oiseaux	Canard arlequin (pop. de l'Est) **M, LM** Chouette tachetée **PR** Courlis esquimau **A** Faucon pèlerin, sous-espèce *anatum* **B, GL, M** Grue blanche d'Amérique **B** Paruline de Kirtland **GL** Pie-grièche migratrice (pop. de l'Est) **GL** Pluvier montagnard **P** Pluvier siffleur **P, GL, M**	Alque marbrée **PR, LM** Bruant de Baird **P** Bruant de Henslow **GL** Buse rouilleuse **P** Chouette des terriers **P** Faucon pèlerin, sous-espèce *tundrius* **A** Pie-grièche migratrice (pop. des Prairies) **P** Sterne de Dougall **M**
Poissons	Corégone d'Acadie **M** Omble de fontaine **B** Meunier de Salish **PR**	Chabot à tête courte **PR** Chabot de profondeur des Grands Lacs **GL** Chat-fou livré **GL** Cisco à mâchoires égales **B, GL** Cisco à museau court **GL** Cisco à nageoires noires **GL** Corégone du lac Simcoe **GL** Épinoche du lac Enos **PR** Suceur noir **GL** Suceur cuivré **GL**
Amphibiens et reptiles	Couleuvre agile bleue **GL** Couleuvre d'eau du lac Érié **GL** Rainette grillon de Blanchard **GL** Tortue luth **LM**	Massasauga **GL** Tortue molle à épines **GL**
Plantes	Adiante cheveux-de-Vénus **PR** Agalinis de Gattinger **GL** Agalinis de Skinner **GL** Benoîte de l'Est **M** Chimaphile maculé **GL** Coréopsis rose **M** Cypripède blanc **P, GL** Gentiane blanche de la prairie **GL** Grande pogonie verticillée **GL** Hydrocotyle à ombelle **M** Lespédèze de Virginie **GL** Magnolier acuminé **GL** Pédiculaire de Furbish **M** Petite pogonie verticillée **GL** Plantain à feuilles cordées **GL** Polygale incarnat **GL** Pycnanthème gris **GL** Raquette de l'Est **GL** Rossolis filiforme **M**	Aletris farineuse **GL** Armeria de l'Athabaska **B** Aster d'Anticosti **M** Azolle du Mexique **PR** Buchnera d'Amérique **GL** Carmantine d'Amérique **GL** Chardon de Pitcher **GL** Châtaignier d'Amérique **GL** Chicot févier **GL** Clèthre à feuilles d'aulne **M** Épipactis géant **PR** Frêne bleu **GL** Ginseng **GL** Hydraste du Canada **GL** Iris du Missouri **P** Liparis à feuilles de lis **GL** Lophiolie d'Amérique **M** Mûrier rouge **GL** Sabatia de Kennedy **M** Saule de Tyrrell **B** Triphore penché **GL** Violette pédalée **GL**

[a] **PR** Pacifique/Rocheuses; **A** Arctique; **B** Boréal; **P** Prairies; **GL** Grands Lacs/fleuve Saint-Laurent; **M** Maritimes; **LM** Littoral maritime

[b] Terme défini dans le glossaire.

Source : Compilé par C. Dauphiné, Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Nombre d'espèces, de sous-espèces et de populations menacées et en danger de disparition dans chacune des biozones du Canada

Biozone	Nombre	Proportion du nombre total au Canada (en %)
Pacifique/Rocheuses	9	9,4
Arctique	8	8,3
Boréale	10	10,4
Prairies	9	9,4
Grands Lacs/ fleuve Saint-Laurent	46	47,9
Maritimes	16	16,7
Littoral maritime	11	11,5
Nombre total au Canada	**96[a]**	

[a] Le nombre total d'espèces, de sous-espèces et de populations dans chaque biozone est supérieur à celui du Canada, car certaines espèces se rencontrent dans plus d'une biozone.

Source : C. Dauphiné, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle.

reproducteurs (Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989).

Le meunier de Salish est devenu une espèce en danger de disparition par suite de la modification de son habitat et de la dégradation de la qualité de l'eau associées à l'urbanisation. Son aire de répartition au Canada semble confinée à quelques cours d'eau de l'extrémité sud-ouest de la partie continentale de la Colombie-Britannique (McPhail, 1986). Une autre espèce, le naseux des rapides de Banff, a été déclarée disparue en 1987 (voir l'encadré 6.1).

Les populations de salamandres pommelées sont en baisse par suite de la réduction des réserves de bois en décomposition dans les forêts de Douglas taxifoliés, leur habitat de prédilection; cette situation est attribuable aux pratiques forestières comme l'élimination des arbres et des troncs pourris et l'ameublissement du sol arable en vue de la plantation d'arbres (Ministère

de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1989). Des données sur d'autres espèces choisies dans la biozone du Pacifique et des Rocheuses sont résumées au tableau 6.5.

La biozone arctique

La biozone arctique, qui s'étend au-delà de la limite forestière septentrionale, compte deux espèces en danger de disparition : le courlis esquimau et les populations de caribous de Peary de l'île de Banks et du Haut-Arctique. Dès le début du XX[e] siècle, le courlis esquimau a été décimé par la chasse excessive durant les migrations printanières et automnales, peut-être conjuguée à une perte d'habitat et à l'extrême rigueur du climat. À l'heure actuelle, la population compterait moins de 20 oiseaux (Gollop et Shier, 1978), mais les efforts se poursuivent afin de repérer et de rétablir des populations reproductrices (Eskimo Curlew Advisory Group, 1990). Depuis le début des années 1960, la population de caribous de Peary du Haut-Arctique, dans les îles de la Reine-Élisabeth, a diminué d'à peu près 90 % pour s'établir entre 3 300 et 3 600 têtes; en 1991, elle a été déclarée en danger de disparition. Dans ce cas particulier, le problème majeur semble être la malnutrition extrême due à une pénurie de fourrage durant les hivers particulièrement rigoureux (Miller, 1990). La population de caribous de l'île de Banks, qui est aussi en danger de disparition, a chuté depuis le début des années 1970; selon les estimations, il ne restait plus que 2 660 animaux en 1989 (moins de 30 % de l'effectif initial). Cet effondrement serait imputable aux effets combinés de la rigueur des hivers et des pressions exercées par la chasse (Miller, 1990).

L'Arctique canadien constitue la principale aire de reproduction des pluviers, des bécasseaux, des tournepierres et de nombreux autres oiseaux de rivage dans l'hémisphère occidental. La plupart de ces espèces entreprennent de très longues migrations annuelles entre leurs sites de reproduction dans l'Arctique et leurs aires d'hivernage du Sud. Parmi les 49 espèces d'oiseaux de rivage nichant dans l'Arctique canadien, 36 passent l'hiver en Amérique centrale où de vastes habitats de milieux humides et de prairies ont disparu ou sont menacés par des activités humaines (Morrison et Ross, 1989). Des données à long terme recueillies sur 12 espèces d'oiseaux de rivage dans des aires de migration de l'est de l'Amérique du Nord révèlent que les populations de courlis corlieux, de bécasseaux roux et de bécasseaux sanderlings ont chuté de façon spectaculaire entre 1972 et 1983. En fait, à deux exceptions près, les 12 espèces ont connu une diminution généralisée durant cette période (Howe et collab., 1989).

L'Arctique offre également des aires de reproduction à plusieurs espèces d'oies et de bernaches, y compris la grande oie des neiges, la petite oie des neiges et la bernache du Canada. Selon des observations faites dans les aires d'hivernage, les populations d'oies et de bernaches qui nichent dans l'Arctique ont tendance à augmenter depuis 1955 (figure 6.4). Leurs habitats de reproduction ont été très peu perturbés par les activités humaines; en outre, la création de réserves écologiques et l'amélioration des aires d'hivernage ont favorisé la croissance des populations. Les tendances de certaines autres espèces de la biozone arctique sont indiquées au tableau 6.5.

Le naseux des rapides de Banff : une espèce disparue à jamais

Pour de nombreux Canadiens, le terme « extinction » ne s'applique qu'à des événements préhistoriques. Or, une disparition rapide et grave d'espèces sauvages frappe actuellement la Terre, à l'aube du XXI[e] siècle. Même si le phénomène se produit à l'échelle de la planète et de façon ininterrompue, nous avons tendance à ne pas associer l'extinction à notre époque ou à notre propre vie, encore moins à ce qui pourrait survenir dans un parc national. Néanmoins, des espèces fauniques peuvent en fait disparaître par inadvertance, comme en témoigne l'histoire suivante.

Le naseux des rapides de Banff, un petit cyprinidé de l'Alberta, ne vivait qu'à un seul endroit dans le monde : un marais alimenté par les eaux chaudes des sources thermales Cave et Basin, dans le parc national de Banff. Il y a été découvert et décrit pour la première fois en 1892, époque où il devait s'y trouver en abondance; les chercheurs ont prélevé des spécimens jusqu'en 1981, mais la diminution croissante du nombre de prises révélait la diminution de la population. Le prélèvement de l'espèce à des fins scientifiques peut avoir été partiellement à l'origine de cette diminution (Lanteigne, 1988).

Un autre facteur possible est l'introduction progressive de la queue de voile, de la queue d'épée, de la molliénésie à voilure et d'autres poissons tropicaux dans le marais, où les eaux chaudes ont accéléré leur rythme de croissance. La concurrence pour la nourriture exercée par ces poissons et la prédation directe des œufs du naseux ont été deux facteurs qui ont limité la survie de cette espèce rare (McAllister et collab., 1985). Il y a également des indices d'hybridation entre la population restante du naseux des rapides de Banff et une sous-espèce plus commune de naseux.

Toutefois, il semble qu'une mesure sanitaire ait sonné le glas de l'espèce. Au milieu des années 1980, on a approuvé pour la première fois une proposition visant à chlorer les eaux des sources thermales utilisées pour remplir la piscine d'un hôtel voisin. Il était prévu que la majeure partie du chlore libre serait éliminée dans la piscine, ce qui poserait peu de danger, sinon aucun. Malheureusement, le reste du chlore a réagi avec les déchets organiques et formé des hydrocarbures chlorés et des chloramines, qui peuvent être toxiques pour les poissons à des doses assez faibles. En avril 1987, les membres du Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada ont confirmé la disparition du naseux des rapides de Banff (Campbell, 1988). Un autre élément de la diversité biologique de la planète venait de disparaître à tout jamais.

[illegible]

Statut et tendances de certaines populations fauniques au Canada, par biozone

Biozone	Espèces, sous-espèces ou population	Statut attribué par le CSEMDC[a]	Population estimative	Tendance récente	Principales pressions ou limitations	Remarques	Ouvrages cités
Pacifique/ Rocheuses	• Chauve-souris de Keen	• vulnérable	• inconnue	• probablement en baisse	• perte d'habitat	• semble être confinée aux vieilles forêts denses	• Balcombe, 1988
	• Couguar	• non inscrit	• 3 000 en C.-B.	• stable ou en hausse	• chasse, perte d'habitat, perturbations humaines	• espèce disparue ou grandement réduite dans la majeure partie de son aire de répartition originelle	• Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., 1989
	• Loutre de rivière	• non inscrite	• 15 000–30 000 sur la côte de la C.-B., inconnue à l'intérieur de la province	• stable, baisse présumée	• perte d'habitats riverains due au développement; pollution de l'eau		• Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., 1989
	• Pygargue à tête blanche	• non inscrit	• 15 000 adultes en C.-B.	• stable	• perte d'habitat	• tributaire des vieux arbres de grande taille (nidification et perchoirs)	• Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., 1989
	• Alque marbrée	• menacée	• 45 000 oiseaux reproducteurs	• stable ou en baisse	• perte d'habitat	• niche dans les vieilles forêts; premier nid occupé découvert au Canada en C.-B. en 1990	• Rodway, 1990
	• Crotale de l'Ouest	• non inscrit	• 10 000	• probablement en baisse	• perte d'habitat, exploitation commerciale pour la vente d'animaux de compagnie	• vit dans le centre-sud de la C.-B.	• Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., 1989
Arctique	• Caribou de la toundra – harde de Kaminuriak – harde de Beverly	• non inscrit	 • 114 000–296 000 • 115 000–263 000	• hardes stables ou en hausse durant les années 1980		• vêle et passe l'été dans la biozone arctique	
	• Ours blanc	• vulnérable	• plus de 10 000	• stable	• chasse (609 ours tués en 1988–1989, surtout par les chasseurs); contaminants toxiques (concentrations accrues chez les ours au cours des dernières années)	• prises établies généralement en fonction de la population; bioaccumulation et bioamplification des contaminants toxiques dans la chaîne alimentaire (voir le chapitre 15)	
Boréale	• Caribou de la toundra – harde de la rivière George – harde de la rivière aux Feuilles	• non inscrit	 • 682 000 • 100 000	 • stable • stable	• chasse, aménagements hydroélectriques	• maximum historique à la fin des années 1980	 • Crête et collab., 1989 • Crête et collab., 1987
	• Martre d'Amérique (pop. de Terre-Neuve)	• menacée	• 630–875	• inconnue	• perte de vieilles forêts de résineux		• Snyder, 1990
	• Omble de fontaine (sous-espèce *aurora*)	• en danger de disparition	• population sauvage inconnue	• inconnue	• dépôts acides	• survie de l'espèce assurée uniquement par l'élevage en captivité et par la réintroduction dans des lacs propices	• Parker et Brousseau, 1987
Prairies	• Chouette des terriers	• menacée	• 3 000 en Sask., 2 000 en Alb., 56 au Man., 8 en C.-B.	• en baisse	• perte d'habitat, intoxication par les insecticides		• Équipe de rétablissement de la chouette des terriers, 1989
	• Courlis à long bec	• non inscrite	• 5 000–8 500 en Alb. et en Sask.	• en baisse	• perte et morcellement de l'habitat de reproduction		• De Smet, 1989
	• Pluvier siffleur	• en danger de disparition	• 2 000 au Canada		• perte d'habitat et pratiques agricoles	• trois quarts de la population canadienne dans cette biozone	• Burnett et collab., 1989
Grands Lacs/ fleuve Saint-Laurent	• Faucon pèlerin (sous-espèce *anatum*)	• en danger de disparition	• 14 couples reproducteurs au Qué., 2 en Ont.	• faible hausse	• contaminants toxiques	• réintroduit dans la vallée du Saint-Laurent	• G. Holroyd, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle
	• Cormoran à aigrettes	• non inscrit	• inconnue	• en hausse	• contaminants toxiques	• fortes baisses dans les années 1960 et 1970 dues aux composés organochlorés; population en voie de rétablissement par suite de la diminution des concentrations de contaminants	

Biozone	Espèces, sous-espèces ou population	Statut attribué par le CSEMDC[a]	Population estimative	Tendance récente	Principales pressions ou limitations	Remarques	Ouvrages cités
	•Sterne pierregarin	•non inscrite	•inconnue	•baisses récentes	•concurrence du goéland à bec cerclé		•Blokpoel et Harfenist, 1986
Maritimes	•Sterne de Dougall	•menacée	•100–130 couples reproducteurs	•en baisse	•concurrence et prédation des goélands	•baisse marquée dans le nord-est de l'Amérique du Nord au cours des 100 dernières années	•Burnett et collab., 1989
	•Eider à duvet	•non inscrit	•inconnue mais presque disparue de Terre-Neuve	•en baisse	•chasse	•en voie de rétablissement à Terre-Neuve grâce à des œufs prélevés au Québec	
Littoral maritime	•Béluga (pop. du fleuve Saint-Laurent)	•en danger de disparition	•400 (en 1990)	•en baisse	•contaminants toxiques (y compris les BPC), perte d'habitat	•survivants tellement contaminés que la reproduction pourrait être menacée	•MacLeod, 1990
	•Baleine grise de Californie (pop. du nord-est du Pacifique)	•n'est plus considérée en péril	•15 000	•stable ou en hausse	•exploitation commerciale pendant des siècles	•exploitation limitée actuellement	•Reeves et Mitchell, 1987
	•Loutre de mer	•en danger de disparition	•>370	•stable ou en hausse	•exploitation commerciale pendant des siècles	•se reproduit seulement à deux endroits; transplantation de 89 loutres de l'Alaska, 1969–1972	•Macaskie, 1986; Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., 1989
	•Narval (est de l'Arctique)	•non inscrite	•>18 000	•stable	•chasse	•chasse traditionnelle visant environ 500 animaux par année	•Strong, 1987
	•Marmette de Brünnich (Arctique)	•non inscrite	•2 600 000 adultes reproducteurs	•stable ou en hausse			•Nettleship et Evans, 1985; A.J. Gaston, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle
	•Marmette de Troïl	•non inscrite	•1 200 000 oiseaux reproducteurs (95 % de la population de l'Amérique du Nord)	•stable	•pertes importantes attribuables aux filets de pêche et aux marées noires	•concentration dans quelques grandes colonies à Terre-Neuve	•Nettleship et Evans, 1985

[a] Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada.

La biozone boréale

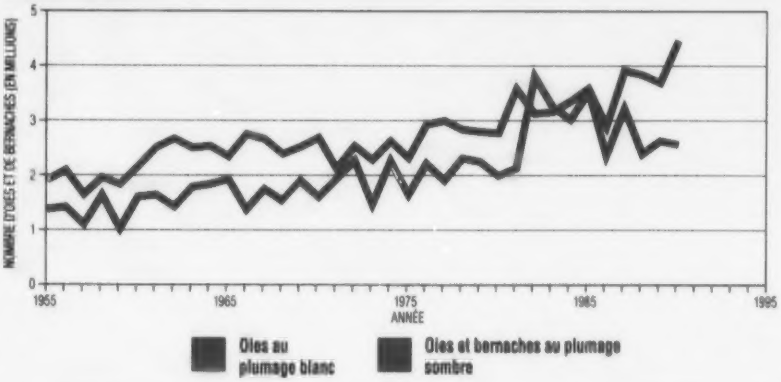
Dans la biozone boréale, les résineux, notamment l'épinette, le sapin et le pin, constituent les essences dominantes du couvert forestier. Ils s'entremêlent avec des peuplements de bouleaux, de peupliers faux-trembles et d'autres essences feuillues. Compte tenu de sa vaste superficie, cette biozone abrite une biodiversité relativement faible; néanmoins, certaines espèces pullulent, dont les mouches noires, les moustiques et d'autres mouches piqueuses (Danks, 1988). Au cours des deux dernières décennies, la biozone boréale a subi les effets d'importantes interventions humaines, notamment des activités d'exploitation forestière et minière et des aménagements hydroélectriques à grande échelle. Des mégaprojets, tel le projet hydroélectrique de la baie James, au Nouveau-Québec, ont perturbé de vastes étendues d'habitats terrestres et aquatiques (Gorrie, 1990). Ce type de développement peut modifier considérablement non seulement la composition des espèces et les populations fauniques et floristiques de ces régions, mais aussi la condition des peuples autochtones, perturbant leur mode de vie traditionnel et posant d'éventuels problèmes de santé.

La grue blanche d'Amérique, l'espèce en danger de disparition la plus célèbre du Canada, niche dans la biozone boréale. De 21 grues qu'elle comprenait en 1940, la volée sauvage s'est rétablie et compte maintenant quelque 134 individus; elle est relativement bien protégée dans ses aires de reproduction du parc national de Wood Buffalo. Toutefois, durant les migrations et dans les aires d'hivernage de la côte texane du golfe du Mexique, les prédateurs, les marées noires et d'autres menaces mettent sérieusement en péril la survie de l'espèce. Au printemps de 1991, au moment du départ des grues vers le nord, les observateurs ont signalé l'absence de 12 oiseaux sur les 146 arrivés l'automne précédent. Une grue a été tuée par balles, les plumes et les os d'un deuxième oiseau ont été retrouvés, mais les dix autres grues semblent s'être volatilisées sans laisser de traces.

Le bison des bois a toujours été moins prolifique que son homologue des prairies plus méridionales, le bison des plaines. Toutefois, pour des raisons largement inconnues, des populations autrefois saines ont diminué et ne comptaient plus que quelques centaines de bêtes dans les années 1890. L'espèce s'est hybridée avec le bison des plaines

FIGURE 6.4

Tendances du nombre d'oies au plumage blanc[a] et d'oies et de bernaches au plumage sombre[b] dans les aires d'hivernage aux États-Unis



[a] Oie des neiges et oie de Ross.

[b] Bernache du Canada, oie rieuse et bernache cravant.

Source : Environnement Canada, 1990.

introduit dans son aire de répartition entre 1925 et 1928, de sorte que le matériel génétique du bison des bois s'est grandement dilué. En 1957, on a découvert une harde de bisons présentant les caractéristiques du véritable bison des bois. De moins de 40 bisons reproducteurs, l'effectif est passé à 450 en 1978 et à plus de 2 300 en 1987 (Équipe de rétablissement du bison des bois, 1987). En 1988, le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC) a déclassé le bison des bois et celui-ci est passé d'espèce en danger de disparition à espèce menacée. Le principal facteur qui nuit au rétablissement d'une population saine est la présence de maladies bovines chez les bisons du parc national de Wood Buffalo, région formant une partie importante de l'aire de répartition initiale. Environ 85 % de la population totale de bisons des bois prospère dans un habitat propice dans le refuge de bisons du Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest. Une harde plus petite fréquente également le parc national d'Elk Island, en Alberta.

L'ours noir se rencontre partout dans la biozone boréale et même à l'extérieur et il occupe encore la majeure partie de son aire de répartition initiale. C'est un animal qui s'adapte assez facilement et presque toutes les populations semblent stables ou en hausse. Les populations régionales ont été estimées comme suit : 5 000 individus dans les Territoires du Nord-Ouest, 10 000 au Yukon, 63 000 à 112 000 en Colombie-Britannique, 43 000 en Alberta, effectif inconnu mais faible en Saskatchewan, 25 000 au Manitoba, 65 000 à 75 000 en Ontario, 60 000 au Québec, 6 000 à Terre-Neuve et au Labrador, 3 300 en Nouvelle-Écosse, effectif inconnu au Nouveau-Brunswick et espèce disparue sur l'île du Prince-Édouard. Un dénombrement effectué par le Service canadien des parcs a révélé l'existence de populations étonnamment faibles dans les parcs alpins (V. Geist, Université de Calgary, communication personnelle). La demande croissante de vésicules biliaires d'ours a donné lieu à un commerce international lucratif, légal et illégal, qui représente une menace permanente pour tous les ours. Les tendances de certaines autres espèces de la biozone boréale sont indiquées au tableau 6.5.

La biozone des Prairies

La biozone des Prairies est sans doute celle dont le paysage naturel originel a été le plus perturbé au Canada. Plus de 80 % des prairies naturelles et environ 75 % de la tremblaie-parc (mélange de régions boisées, d'étendues d'eau et d'herbages) ont été transformées par l'agriculture et, à un degré moindre, par l'urbanisation et l'industrialisation (Prairie Conservation Action Plan, 1989; voir aussi les chapitres 17 et 26). Ces transformations ont profondément perturbé les communautés fauniques et floristiques. Les populations de pluviers siffleurs, de chouettes des terriers, de buses rouilleuses, de pies-grièches migratrices et de bruants de Baird sont considérées comme en danger de disparition ou menacées. Le renard véloce et le putois d'Amérique ont disparu.

Dans le cadre d'une tentative de réintroduction, des renards véloces élevés en captivité ont été lâchés, en 1983, près de Manyberries, dans le sud-est de l'Alberta. Bien que la rentabilité à long terme d'une telle expérience fasse encore l'objet d'une évaluation, plus de 400 renards ont été lâchés en Alberta et en Saskatchewan, et au moins 13 couples ont réussi à élever des renardeaux en 1990 (S. Brechtel, ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta, communication personnelle). Le rétablissement du pélican blanc d'Amérique (voir l'encadré 6.2), un oiseau qui niche en colonies dans les lacs, notamment dans la biozone des Prairies, a connu beaucoup de succès.

L'agriculture et l'urbanisation ont réduit le nombre de marmites torrentielles, de tourbières et d'autres milieux humides dans les Prairies; la biozone des Prairies a perdu près de 70 % de ses habitats palustres (Environnement Canada, 1986) et les pratiques agricoles ont modifié 78 % des lisières des milieux humides (Didiuk et Caswell, 1988). Par conséquent, le nombre de canards nichant dans les Prairies a fortement diminué. La figure 6.5 montre les tendances du nombre de canards reproducteurs de l'ouest du Canada et du nombre d'étangs offrant un bon habitat de reproduction. La figure 6.6 montre que les populations de canards pilets ont diminué, en moyenne, de 54 % depuis 1955 et celles de canards colverts, de 86 % (Environnement Canada, 1990). En outre, les populations de bécassines, de foulques et

d'autres oiseaux aquatiques ont également chuté après la disparition de milieux humides. Les tendances de certaines autres espèces de la biozone des Prairies sont indiquées au tableau 6.5.

La biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent

La biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent est devenue le centre industriel du Canada grâce à son riche potentiel agricole et à ses excellents corridors de transport la reliant à d'importants marchés. Toutefois, sa prospérité a coûté fort cher à l'environnement (voir les chapitres 18 et 19).

Cette biozone abrite près de la moitié des espèces fauniques et floristiques menacées et en danger de disparition au Canada, ce qui n'est guère étonnant compte tenu de sa biodiversité et de sa longue histoire d'activités humaines intenses. L'agriculture, l'industrialisation, l'urbanisation et les transports ont profondément marqué les écosystèmes naturels de la biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent : 46 espèces sont menacées ou en danger de disparition, notamment 2 espèces de mammifères, 5 espèces d'oiseaux, 8 espèces de poissons, 4 espèces de reptiles, 1 espèce d'amphibien et 26 espèces de plantes (voir le tableau 6.3). La pêche commerciale illimitée a entraîné la disparition du doré bleu, du cisco de profondeur et du cisco à grande bouche, et la quasi-disparition de trois autres espèces de ciscos. Le suceur cuivré est la seule espèce menacée endémique à cette biozone.

Maintes espèces menacées et en danger de disparition de la biozone des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent sont étroitement associées à l'expansion, dans le sud-ouest de l'Ontario, de l'écosystème des forêts de feuillus caroliniennes, complexe faunique et floristique plus typique du sud-est et du centre des États-Unis que de cette région du Canada (Hackman, 1989). Le chicot févier, le magnolier acuminé et la raquette de l'Est figurent parmi plus d'une douzaine de plantes menacées ou en danger de disparition et qui

Le pélican blanc d'Amérique ou le rétablissement d'une espèce

Jusqu'à maintenant, une seule espèce désignée comme menacée au Canada s'est assez bien rétablie pour justifier son retrait de la liste du CSEMDC. Le pélican blanc d'Amérique, jadis répandu dans les lacs intérieurs depuis le nord-ouest de l'Ontario jusqu'à la Colombie-Britannique, a commencé à diminuer un peu partout dans son aire de répartition au début du XX[e] siècle. La chasse illimitée était la plus grave menace qui pesait sur l'espèce. Cet oiseau blanc et élancé dont les ailes atteignent une envergure de 2,40 m à 3,00 m faisait la convoitise des chasseurs qui, à leur grande honte, consommaient rarement sa chair, pour ne pas dire jamais, et laissaient simplement pourrir les carcasses (Taverner, 1945). Un autre danger venait du fait que les pélicans nicheurs sont facilement perturbés par l'arrivée d'intrus dans leurs colonies de reproduction, sur les îles peu accidentées. Les braconniers, les pêcheurs à la ligne, les navigateurs et les pique-niqueurs pouvaient, par inadvertance ou par pure malice, perturber facilement une colonie et provoquer ainsi la mort d'un grand nombre d'œufs et d'oisillons abandonnés.

Vers le milieu des années 1970, il était évident que le pélican blanc d'Amérique faisait face à de graves problèmes. La population canadienne avait chuté à quelque 16 000 couples, chiffre qui peut sembler important mais qui est en fait très faible pour une espèce nichant en colonies. En 1978, le CSEMDC a attribué le statut d'espèce menacée à cet oiseau et les gouvernements de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba ont adopté des mesures de protection, notamment la création de refuges insulaires et la diffusion publique de messages axés sur la conservation. La compagnie d'assurances Canada-Vie, dont le logo représente un pélican depuis 1847, a participé à la lutte pour la sauvegarde de l'espèce en parrainant le Programme du pélican blanc d'Amérique mis en œuvre par le Fonds mondial pour la nature Canada.

Fort heureusement, les mesures de protection ont eu des résultats concluants. Dès 1987, soit neuf ans seulement après la désignation de l'espèce, le CSEMDC a estimé que l'avenir du pélican blanc d'Amérique était assez bien assuré et l'a retiré de la liste. Le nombre d'oiseaux adultes avait plus que triplé, pour atteindre 50 000 couples reproducteurs répartis dans quelque 70 colonies dans l'ouest du Canada. L'histoire du pélican blanc d'Amérique a été heureuse, car la crise qui a touché l'espèce est survenue à une époque où le public était prêt à s'y intéresser et où les conditions environnementales, définies en fonction de l'abondance des sources de nourriture et de la disponibilité d'un habitat de nidification, étaient propices. Le rétablissement d'une espèce est rarement aussi facile. Néanmoins, le retrait du pélican blanc d'Amérique de la liste du CSEMDC constitue une importante victoire.

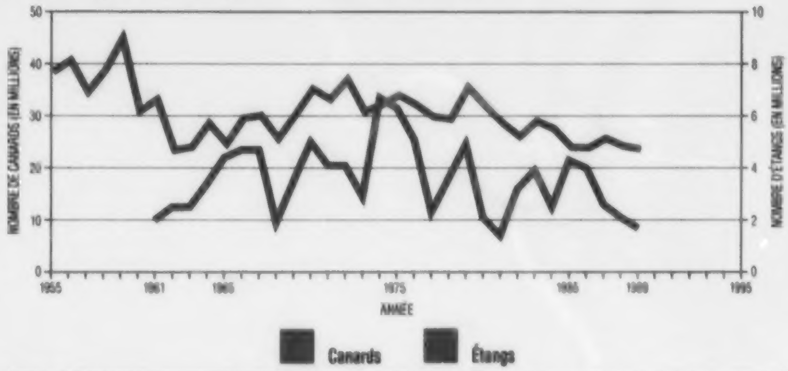
atteignent la limite septentrionale de leur aire de répartition, dans l'extrême sud-ouest de l'Ontario. Deux reptiles, la couleuvre agile bleue et la couleuvre d'eau du lac Érié, et un amphibien, la rainette grillon de Blanchard, sont des vertébrés en danger de disparition spécifiques à l'écosystème carolinien. La région abrite également des représentants de groupes subtropicaux de coléoptères que l'on ne trouve nulle part ailleurs au Canada (Danks, 1988).

Les dunes bordières des Grands Lacs sont un type d'habitat qui a été considérablement dégradé par les activités humaines. La construction de chalets et les activités récréatives intensives ont endommagé la végétation fixatrice des dunes, et de nombreuses plantes palustres qui poussent derrière les dunes, dont diverses espèces d'orchidées indigènes, ont été détruites ou fortement décimées. Le pluvier siffleur qui nichait jadis dans cet habitat a disparu.

Les milieux aquatiques des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent ont été fortement dégradés par le développement industriel, la transformation du bassin versant à des fins de transport et le rejet d'une variété ahurissante de polluants (voir aussi les chapitres 18 et 19). Les activités humaines ont également entraîné l'introduction, dans

FIGURE 6.5

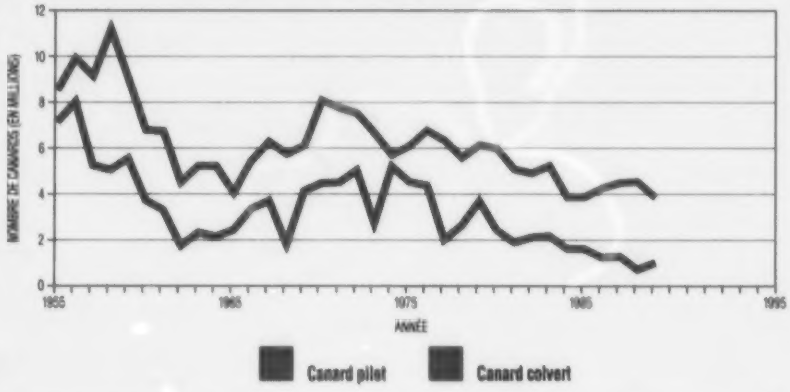
Tendances du nombre de canards reproducteurs (toutes les espèces) et d'étangs dans l'ouest du Canada



Source : Environnement Canada, 1990.

FIGURE 6.6

Tendances de la taille des populations reproductrices du canard colvert et du canard pilet dans l'ouest du Canada



Source : Environnement Canada, 1990.

les Grands Lacs, de la grande lamproie marine, de l'éperlan arc-en-ciel, du gaspareau et d'autres espèces de poissons exotiques (Regier, 1987) et l'accroissement des populations de goélands à bec cerclé et d'autres oiseaux charognards qui se nourrissent d'ordures.

Les espèces exotiques composent actuellement une part importante de la diversité biologique de cette biozone. Bon nombre d'entre elles, tel l'étourneau sansonnet, font concurrence à la faune indigène. Certaines, comme la dreissena polymorphe (voir l'encadré 18.2) et la salicaire pourpre (voir le chapitre 26), peuvent causer de graves problèmes écologiques et économiques. Les tendances des populations de certaines espèces indigènes de cette biozone sont précisées au tableau 6.5.

La biozone des Maritimes

La biozone des Maritimes possède une longue histoire d'activités humaines intensives. Pendant des siècles, les zones côtières ont été utilisées à des fins agricoles et piscicoles, et les hautes terres accidentées de l'intérieur de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick ont fait l'objet d'une forte exploitation minière et forestière. Les forêts couvrent encore près de 80 % de la superficie des terres de la Nouvelle-Écosse et de vastes secteurs du Nouveau-Brunswick, mais elles sont pratiquement toutes composées de jeunes peuplements des deuxième, troisième et quatrième générations des forêts initiales (Taschereau, 1989); les peuplements reliques de vieilles forêts sont peu étendus, rares et très éparpillés. Environ la moitié des terres de l'île du Prince-Édouard sont cultivées; le reste est composé en grande partie de terrains déboisés et d'épinettes en régénération sur des champs agricoles abandonnés. Dans toute la région, la perte d'habitats appropriés due au développement a constitué un facteur important de la disparition ou de la réduction des effectifs d'espèces fauniques comme le caribou des bois et le couguar de l'Est.

Les populations du goéland argenté, du goéland à manteau noir et d'autres gros goélands ont augmenté dans le Canada atlantique durant la majeure partie du XX[e] siècle en raison de la réglementation de la chasse et de la disponibilité accrue de déchets de poisson et d'ordures. Par exemple, dans cette région du Canada, les pêcheurs rejettent 40 % des prises commerciales de poisson, lesquelles constituent une excellente source de nourriture pour les goélands (R.G.B. Brown, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle). Les populations de sternes ont chuté de façon draconienne dans les provinces de l'Atlantique au cours des dernières décennies, en raison surtout de la concurrence et de la prédation exercées par les colonies de goélands en expansion.

La population orientale du canard arlequin a chuté à moins de 1 000 oiseaux et a été déclarée en danger de disparition en 1990. Le faucon pèlerin, disparu des Maritimes dans les années 1950, a été réintroduit avec succès au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-

Écosse. En 1990, cinq couples reproducteurs ont été signalés dans la région (G. Holroyd, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle).

Les estuaires côtiers d'une grande partie du Canada atlantique procurent un excellent habitat de reproduction et d'hivernage au canard noir. Bien que cette espèce soit en baisse (figure 6.7) dans la majeure partie de son aire de répartition en Amérique du Nord, les dénombrements aériens des couples reproducteurs effectués tous les printemps depuis 1984 indiquent la présence d'une population saine et stable dans les Maritimes (G. Parker, Service canadien de la faune, Environnement Canada, communication personnelle). Toutefois, la pollution, les activités commerciales et récréatives et la pêche ont des répercussions sur la sauvagine de cette biozone; ces facteurs sont à l'origine de 15 % des cas de mortalité relevés chez les jeunes canards de la côte de la Nouvelle-Écosse (Seymour, 1990). Les tendances des populations de certaines espèces indigènes de cette biozone sont indiquées au tableau 6.5.

La biozone du littoral maritime

Tous les écosystèmes marins du Canada sont dégradés par les marées noires et d'autres polluants. Le coût de cette dégradation se mesure par les dommages considérables causés à la vie marine. Par exemple, le déversement de 875 000 L de pétrole par le *Nestucca*, en 1988, juste au large de l'État de Washington, aurait tué entre 20 000 et 30 000 oiseaux de mer aux États-Unis et au Canada, et la contamination des organismes marins a atteint une telle ampleur que les zones de récolte de crustacés et de coquillages ont été fermées sur près de 150 km le long de la côte de la Colombie-Britannique. Les déversements plus petits et moins connus sont beaucoup plus fréquents et probablement plus meurtriers dans l'ensemble. Même l'Arctique n'est pas à l'abri de ce danger. Entre 1972 et 1985, on a signalé 175 déversements accidentels dans ses eaux (Sackmann, 1989). Les hydrocarbures et d'autres contaminants peuvent également être transportés sur de grandes distances par les courants jusque dans l'Arctique (voir le chapitre 15).

L'évacuation inadéquate des déchets municipaux et industriels entraîne la contamination des organismes marins. En 1988, environ 10 400 ha des eaux intertidales de la Colombie-Britannique ont été fermés à la récolte des crustacés et des coquillages en raison du rejet d'eaux usées non traitées par les villes côtières (Kay, 1989). L'état de certaines espèces fauniques et floristiques de cette biozone est résumé au tableau 6.5.

Que pouvons-nous faire?

Quelles que soient nos connaissances scientifiques, nous ne pouvons espérer protéger et conserver les populations fauniques et floristiques du Canada si le public n'insiste pas pour affirmer que ses considérations sont prioritaires. À l'heure actuelle, au moins 19 organismes nationaux, 84 organismes provinciaux et 205 organismes locaux de conservation ou de chasse et pêche exercent des pressions auprès des gouvernements au nom des espèces sauvages et mettent en œuvre leurs propres projets de recherche et de protection.

Les Canadiens qui se demandent comment s'impliquer personnellement dans ce débat devraient suivre ces quelques conseils :

- Devenez membres d'un organisme qui s'intéresse à l'environnement, à la conservation ou à l'histoire naturelle dans votre collectivité.
- Renseignez-vous. Lisez beaucoup sur la valeur des espèces sauvages et sur les dangers qui menacent la flore et la faune indigènes.
- Appuyez les efforts de conservation déployés à l'échelle locale, comme la dépollution des aires naturelles et la mise en valeur ou la protection des habitats, en y consacrant bénévolement du temps, de l'énergie et de l'argent.
- Si vous êtes propriétaire foncier, réservez une partie de vos terres à la faune et à la flore et faites en sorte que cet habitat devienne propice aux espèces indigènes.
- Incitez votre employeur à examiner les avantages des politiques et des programmes axés sur un environnement sain.
- Renseignez-vous sur les lois adoptées pour protéger les espèces sauvages, respectez-les et incitez vos amis à faire de même.

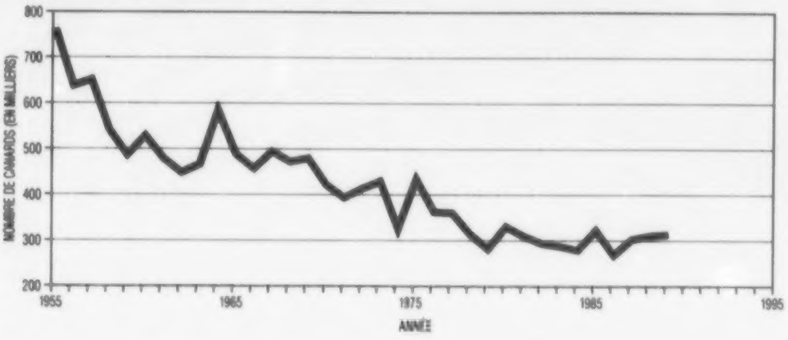
LES MESURES DE CONSERVATION

En septembre 1990, les ministres fédéral, provinciaux et territoriaux de la Faune ont adopté la première politique des espèces sauvages pour le Canada (Conseil canadien des ministres de la Faune, 1990). Cette politique établit un cadre pour la conservation de tous les organismes sauvages du Canada, c'est-à-dire de la biodiversité du pays. Elle traite de plusieurs questions abordées dans le présent chapitre :

- conservation des populations fauniques et floristiques et de leurs habitats;

FIGURE 6.7

Tendance du nombre de canards noirs dans les aires d'hivernage en Amérique du Nord



Source : Environnement Canada, 1990.

- élargissement de la notion de conservation des espèces sauvages de manière à inclure les plantes et les invertébrés;
- prise en compte des espèces sauvages dans l'élaboration des politiques économiques et environnementales;
- accroissement des avantages durables tirés des espèces sauvages; et
- contrôle des espèces introduites et des espèces issues du génie génétique.

La politique reconnaît notamment la nécessité de faire participer les peuples autochtones à la gestion des espèces sauvages et aux recherches sur celles-ci. Son adoption ministérielle suppose un engagement en vue de sa mise en œuvre, celle-ci devant faire l'objet d'une évaluation par un vérificateur indépendant en 1995.

La gestion de la chasse et de la pêche et la création de parcs et de réserves écologiques pour protéger les habitats vulnérables (voir les chapitres 7 et 26) ont été les principales mesures prises pour protéger et rétablir les populations sauvages. La conservation des habitats traduit une prise de conscience croissante face à la protection de l'environnement, à savoir qu'elle dépend de la préservation et de la mise en valeur non seulement de chaque espèce, mais d'écosystèmes entiers. Plusieurs provinces collaborent avec les propriétaires fonciers et les organismes non gouvernementaux, comme la Société pour la conservation des sites naturels, Habitat faunique Canada et le Fonds mondial pour la nature Canada, afin d'augmenter le nombre et la superficie des aires protégées présentant une importante biodiversité naturelle (voir le chapitre 26).

En plus de créer des aires protégées, le Canada protège depuis longtemps les populations en déclin d'espèces fauniques rares et de grande taille. Des efforts publics ont été déployés en vue de protéger des espèces connues comme la grue blanche d'Amérique, le bison dc plaines, le bison des bois et l'antilope d'Amérique. Des projets plus récents ont visé des espèces moins connues et plus petites, notamment le renard véloce et le pluvier siffleur, et même quelques invertébrés tel que le papillon bleu de Karner en Ontario, protégé en vertu de la *Loi sur les espèces en voie de disparition de l'Ontario*. Les gouvernements et les organismes non gouvernementaux ont également intensifié leurs efforts en vue de sauvegarder les plantes vasculaires en danger de disparition. La pédiculaire de Furbish, une petite fleur sauvage protégée depuis 1990 grâce à l'acquisition d'un habitat vulnérable dans la vallée supérieure de la rivière Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, en est un bel exemple.

Les succès obtenus en matière de protection et de rétablissement des espèces comprennent le retrait du pélican blanc d'Amérique de la liste des espèces en danger de disparition et le déclassement du bison des bois, qui est passé d'espèce en danger de disparition à espèce menacée. Les effectifs du faucon pèlerin montrent également des signes encourageants de rétablissement.

Le partenariat, c'est-à-dire la mise en œuvre conjointe de mesures et de programmes intégrés par des organismes gouvernementaux et non gouvernementaux et des particuliers, devient un outil de plus en plus important en matière de protection des espèces sauvages et des habitats et, donc, de la biodiversité indigène du pays. Quelques exemples de partenariats sont décrits ci-après et d'autres sont fournis au chapitre 26.

Le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC)

Le bison des bois, la grue blanche d'Amérique et quelques autres espèces font l'objet d'une protection spéciale depuis plus de 50 ans, mais ce n'est que dans les années 1970 qu'une initiative a été prise à l'échelle nationale pour identifier toutes les espèces fauniques et floristiques en péril au Canada. En 1976, les organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux chargés de la gestion des espèces sauvages et trois organismes non gouvernementaux ont mis sur pied un comité chargé d'évaluer la vulnérabilité des plantes et des animaux rares au Canada et de leur attribuer un statut. La création de ce comité a été une première étape importante dans l'établissement de priorités objectives en matière de conservation et de préservation au Canada.

Jusqu'en 1991, le CSEMDC a étudié les rapports présentés sur 212 espèces, sous-espèces ou populations d'animaux et de plantes sauvages indigènes et a attribué un statut à chacune d'elles; il a

Nombre total d'espèces, de sous-espèces ou de populations désignées par le CSEMDC comme étant en danger de disparition, menacées ou vulnérables, 1991

Groupe d'espèces	Nombre total d'espèces [a]	Nombre d'espèces, de sous-espèces ou de populations désignées par le CSEMDC				
		En danger de disparition[b]	Menacées[b]	Vulnérables[b]	Total[c]	% du « nombre total d'espèces »
Mammifères	193	11	8	19	38	19,7
Oiseaux	578	9	8	17	34	5,9
Poissons[d]	1 091	3	10	34	47	4,3
Amphibiens et reptiles	83	4	2	6	12	14,5
Plantes[e]	4 328	19	22	21	62	1,4
Total	**6 273**	**46**	**50**	**97**	**193**	**3,1**

[a] Voir la colonne du tableau 6.1 intitulée « Espèces connues ».

[b] Terme défini dans le glossaire.

[c] Ne comprend pas les 10 espèces disparues au Canada et les 9 espèces disparues dans le monde.

[d] Comprend les requins, les poissons osseux et les lamproies.

[e] Comprend uniquement les plantes vasculaires, les fougères et les plantes associées aux fougères.

évalué la situation de 64 autres espèces et décidé qu'il n'était pas nécessaire de leur attribuer un statut particulier. Le tableau 6.6 énumère les 193 espèces menacées, en danger de disparition ou vulnérables. Dix autres espèces sont considérées comme disparues au Canada et neuf comme disparues partout dans le monde.

Ces espèces ne représentent que celles dont le statut a été examiné jusqu'à maintenant; il ne fait aucun doute que le nombre réel d'espèces en péril est considérablement plus élevé dans certains groupes. Par exemple, jusqu'à 38 (46 %) des 83 espèces de reptiles et d'amphibiens du Canada pourraient s'avérer en péril lorsque leur situation sera évaluée (F. Cook, Musée canadien de la nature, communication personnelle). Plus de 100 autres espèces de plantes seront probablement désignées comme menacées ou en danger de disparition lorsque les évaluations nécessaires auront été terminées. Parmi les 3 269 espèces indigènes de plantes vasculaires du Canada, près du tiers pourraient se révéler rares, sans toutefois nécessiter de mesures de conservation immédiates (Argus et Pryer, 1990).

Le rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ)

Au Canada, aucune loi fédérale ou provinciale n'exige que les gouvernements prennent des mesures pour rétablir les espèces désignées par le CSEMDC. Toutefois, en 1988, en réponse au déséquilibre croissant constaté entre la désignation des espèces et leur rétablissement, des organismes gouvernementaux ont créé un comité et élaboré une stratégie visant le rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ). Conformément à la politique du programme RESCAPÉ, chacune des nouvelles espèces, sous-espèces ou populations de mammifères, d'oiseaux, de poissons, de reptiles et d'amphibiens désignées comme menacées, en danger de disparition ou disparues au Canada fera l'objet d'un plan de rétablissement dans les deux années suivant son inscription sur la liste du CSEMDC. Les plans de rétablissement devraient être élargis de façon à inclure les invertébrés et les plantes. Jusqu'à présent, de tels plans ont été mis en œuvre ou complétés pour 11 espèces de mammifères, 15 espèces d'oiseaux et 1 espèce de poisson, sous les auspices du Comité RESCAPÉ ou d'organismes indépendants (tableau 6.7).

Le Fonds de rétablissement des espèces canadiennes en péril

En 1988, Environnement Canada, le Fonds mondial pour la nature Canada, les Salons nationaux des sportsmen au Canada et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada ont collaboré à la création du Fonds de rétablissement des espèces canadiennes en péril. Ce fonds assure le financement de projets axés sur l'amélioration de la situation des espèces en danger de disparition et de leurs habitats ou sur l'arrêt de leur dégradation. En 1990, plus d'un million de dollars avaient été consacrés à 48 projets approuvés, soit 24 sur les oiseaux, 13 sur les mammifères, 3 sur les reptiles et les amphibiens, 1 sur les poissons et 7 sur les plantes.

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine a été adopté par le Canada, les États-Unis et le Mexique en réponse aux préoccupations de la population touchant la perte de milieux humides en Amérique du Nord et la réduction résultante des populations de sauvagine et d'autres espèces tributaires de ces milieux. (Pour une analyse plus détaillée du plan, voir le chapitre 26). L'objectif premier du plan est de rétablir, d'ici l'an 2000, les populations de sauvagine aux niveaux des années 1970 grâce à l'amélioration, à la restauration et à la mise en valeur de l'habitat de la sauvagine. Un autre but important est d'obtenir et de maintenir une population reproductrice de 62 millions de canards de manière à assurer un effectif migrateur de 100 millions d'oiseaux à l'automne. En 1988, la population de canards nicheurs s'élevait à près de 52,5 millions d'oiseaux, avec un effectif automnal estimé à seulement

[illegible]

Efforts de protection et de rétablissement des mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens et reptiles menacés ou en danger de disparition

Groupe et espèce	Prélèvement/ perturbation réglementés	Protection d'habitats essentiels	Élevage en captivité	Réintroduction, nouvelles populations	Plan de rétablissement	
					Commencé	Achevé
Mammifères						
Baleine boréale	—	—	—	—	—	—
Baleine noire	x	—	—	—	—	x[a]
Belette à longue queue des Prairies	x	—	—	—	—	—
Béluga						
• pop. de l'est de la baie d'Hudson	x	—	x	—	—	—
• pop. du sud-est de l'île de Baffin	x	—	x	—	—	—
• pop. du fleuve Saint-Laurent	x	x	x	—	x	—
• pop. de la baie d'Ungava	x	—	x	—	—	—
Bison des bois	x	x	x	x	x	—
Carcajou						
• pop. de l'Est	x	—	x	—	—	—
Caribou de Peary						
• pop. de l'île de Banks	x	—	x	—	x	—
• pop. du Haut-Arctique	x	—	x	—	x	—
• pop. du Bas-Arctique	x	—	x	—	x	—
Caribou des bois						
• pop. des Maritimes	x	x	—	—	x	—
Couguar de l'Est	x	—	x	—	—	—
Loutre de mer	x	x	x	x	x	—
Marmotte de l'île de Vancouver	x	x	x	x	x	—
Marsouin commun						
• pop. de l'ouest de l'Atlantique	x	—	x	—	x	—
Martre d'Amérique						
(pop. de Terre-Neuve)	x	—	—	—	x	—
Rorqual à bosse						
• pop. du Pacifique Nord	x	—	—	—	—	—
Oiseaux						
Alque marbrée	x	—	—	—	x	—
Bruant de Baird	x	—	—	—	x	—
Bruant de Henslow	x	—	—	—	x	—
Buse rouilleuse	x	—	—	—	x	—
Canard arlequin						
• pop. de l'Est	x	—	x	—	x	—
Chouette des terriers	x	x	x	x	x	—
Chouette tachetée	x	—	—	—	x	—
Courlis esquimau	x	—	—	—	x	—
Faucon pèlerin						
• sous-espèce *anatum*	x	—	x	x	—	x
• sous-espèce *tundrius*	x	x	x	—	—	—
Grue blanche d'Amérique	x	x	x	x	—	x
Paruline de Kirtland	x	—	—	—	x	—
Pie-grièche migratrice						
• pop. de l'Est	x	—	—	—	x	—
• pop. des Prairies	x	—	—	—	x	—
Pluvier montagnard	x	—	—	—	—	—
Pluvier siffleur	x	—	—	—	—	x
Sterne de Dougall	x	—	—	—	x	—

66 millions d'oiseaux. Pour atteindre cet objectif, des projets conjoints ont été mis sur pied entre les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et des États, les organismes non gouvernementaux (p. ex., Habitat faunique Canada et Canards Illimités Canada) et l'industrie privée. Ainsi, la Stratégie de mise en œuvre de la Saskatchewan, qui fait partie du projet conjoint Habitat des Prairies, est un programme quinquennal de 438 millions de dollars qui touche 2,3 millions d'hectares de terres; ce programme vise la production de 3 millions de canards colverts nicheurs d'ici l'an 2000.

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine dépasse le cadre restreint de la sauvagine et des autres espèces sauvages des milieux humides et favorise la mise en œuvre de pratiques de gestion des ressources axées sur l'amélioration de la qualité globale de l'environnement, y compris les eaux et les sols, la diversité génétique, le pouvoir tampon et la gestion de la pollution. Le plan complète le programme d'établissement du couvert permanent du Programme national de conservation des sols et sa mise en œuvre se fait conjointement avec le programme Prairie Care (conservation des ressources agricoles et de l'environnement) et le Programme d'assurance-récolte (prévention des dommages causés aux récoltes par la sauvagine et indemnisation versée aux agriculteurs).

Les conseils de gestion de la faune

Les peuples autochtones s'intéressent tout particulièrement à la faune, surtout en raison de l'importance de cette dernière pour le maintien de leur mode de vie traditionnel. Les revendications territoriales globales des autochtones, qui couvrent la majeure partie des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, ont fait l'objet d'ententes formalisées par des mesures législatives ou sont en cours de négociation (voir le chapitre 15). Avec la signature de ces ententes, les autochtones pourront intervenir directement dans la gestion de la faune dans le Nord canadien. Des con-

Groupe et espèce	Prélèvement/ perturbation réglementés	Protection d'habitats essentiels	Élevage en captivité	Réintroduction, nouvelles populations	Plan de rétablissement	
					Commencé	Achevé
Poissons						
Chabot à tête courte	x	—	—	—	—	—
Chabot de profondeur des Grands Lacs	x	—	—	—	—	—
Chat-fou livré	x	—	—	—	—	—
Cisco à mâchoires égales	x	—	—	—	—	—
Cisco à museau court	x	—	—	—	—	—
Cisco à nageoires noires	x	—	—	—	—	—
Corégone d'Acadie	x	—	—	—	—	—
Corégone du lac Simcoe	x	x	—	x	—	—
Épinoche du lac Enos	—	—	—	—	—	—
Meunier de Salish	—	—	—	—	—	—
Omble de fontaine (sous-espèce *aurora*)	x	x	x	x	—	x
Suceur cuivré	—	—	—	—	—	—
Suceur noir	x	x	—	—	—	—
Amphibiens et reptiles						
Couleuvre agile bleue	x	x	x	—	—	—
Couleuvre d'eau du lac Érié	x	—	x	—	—	—
Massasauga	x	x	x	—	—	—
Rainette grillon de Blanchard	x	x	—	—	—	—
Tortue luth	x	—	—	—	—	—
Tortue molle à épines	x	—	—	—	—	—

* Indique l'existence d'un plan uniquement pour la population américaine voisine.

Source : Dauphiné, 1989.

seils de gestion de la faune, composés à parts égales d'autochtones et de représentants gouvernementaux, sont en voie de création pour faire des recommandations ou prendre des décisions concernant la gestion de la faune. Les conseils établis à ce jour illustrent la volonté d'obtenir un consensus quant aux recommandations formulées. Jusqu'ici, ils ont réussi à réduire les quotas de chasse à l'ours brun de la toundra et les prises de bélugas dans la baie de Cumberland, dans l'île de Baffin.

CONCLUSION

Le Canada possède une grande richesse faunique et floristique. La préservation de sa biodiversité fait partie intégrante de l'objectif plus global de protection de la santé de l'environnement. Toutefois, un large éventail d'activités humaines menace les espèces sauvages partout au pays. L'agriculture, l'exploitation forestière, l'industrialisation, l'urbanisation et la mise en valeur des ressources continuent de modifier la qualité et la superficie des habitats fauniques et floristiques dans de vastes secteurs, ce qui entraîne la diminution des populations et la disparition des espèces. De même, les contaminants toxiques et les dépôts acides, qui ont des incidences considérables, continuent de dégrader les communautés et les écosystèmes naturels. D'après les prévisions, le changement climatique aura des répercussions importantes — mais encore largement inconnues — sur la faune et la flore et il représente une menace potentielle pour de nombreuses espèces.

Notre prise de conscience et notre compréhension de l'état actuel et des tendances futures de la biodiversité du Canada dépendent en grande partie de la collecte systématique de données précises à des fins de recherche et d'analyse scientifiques. À l'heure actuelle, nous pouvons évaluer, grosso modo, la situation et les tendances des espèces sauvages du Canada, mais nos connaissances sur la plupart des espèces et des communautés sont trop fragmentaires pour que nous puissions présumer de leur pérennité. Nous devons parfaire nos connaissances afin d'être en mesure de prévoir et de prévenir le déclin irréversible des populations de certaines espèces et la perte irrémédiable de la biodiversité.

Nous avons accompli des progrès au niveau de l'identification des espèces menacées, en danger de disparition et vulnérables et de l'élaboration de plans axés sur leur protection et leur rétablissement. La création de parcs et de réserves écologiques nous permet certes de sauvegarder certaines régions d'importance primordiale pour les espèces sauvages, mais une faible proportion seulement de toutes les espèces peut ainsi être préservée. L'avenir de la flore et de la faune indigènes du Canada dépend davantage de la volonté des secteurs public et privé d'intégrer des considérations environnementales judicieuses dans les décisions touchant l'utilisation des terres et la mise en valeur des ressources. L'efficacité du partenariat environnemental entre les gouvernements, les propriétaires fonciers, les industries et les organismes non gouvernementaux, qui doivent tous rendre des comptes à un public informé et dynamique, représente la clé du maintien d'espèces fauniques et floristiques en bonne santé.

OUVRAGES CITÉS

Argus, G.W., et K.M. Pryer. 1990. *Les plantes vasculaires au Canada : notre patrimoine naturel.* Musée canadien de la nature, Ottawa.

Balcombe, J.P. 1988. *Report on the status of the Keen's long-eared bat* Myotis keenii *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Banks, B. 1990. « Alien onslaught. » *Equinox*, 53 : 69–75.

Bednarz, J.C., D. Klem Jr., L.J. Goodrich et S.E. Senner. 1990. « Migration counts of raptors at Hawk Mountain, Pennsylvania, as indicators of population trends, 1934–86. » *The Auk*, 107(1) : 96 –109.

Bellward, C.D., R.J. Norstrom, P.E. Whitehead, J.E. Elliott, S.M. Bandiera, C. Dnorshchak, T. Chang, S. Forbes, B. Cadario, L.E. Hart et K.M. Chen. 1990. « Comparisons of polychlorinated dibenzodioxin levels with hepatic mixed-function oxidase induction in Great Blue Herons. » *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 30 : 33–52.

Bishop, C., et D.V. Weseloh. 1990. *Les contaminants dans les œufs du Goéland argenté des Grands Lacs.* Feuillet d'information EDE n° 90–2. État de l'environnement au Canada, Conservation et Protection, Environnement Canada. Burlington (Ontario).

Blokpœl, H., et A. Harfenist. 1986. « Comparison of 1980 and 1984 inventories of Common Tern, Caspian Tern, and Double-crested Cormorant colonies in the eastern North Channel, Lake Huron, Ontario, Canada. » *Colonial Waterbirds*, 9 : 61–67.

Broughton, E., L.P.E. Choquette, J.G. Cousineau et F.L. Miller. 1970. « Brucellosis in reindeer, *R. tarandus*, and the migratory barren-ground caribou, *R. t. grœnlandicus* (L.), in Canada. » *Journal canadien de zoologie*, 48 : 1023–1027.

Brown, R.G.B. 1982. « Les oiseaux, le pétrole et l'environnement canadien. » Pages 115–124 dans : *Le pétrole et les dispersants dans les mers baignant le littoral canadien — Évaluation des recherches et recommandations.* Analyse économique et technique, rapport SPE 3–EC–82–2F. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné Jr., S.H. McCrindle et T.L. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : les espèces menacées de disparition au Canada.* Éditions Broquet Inc., LaPrairie, en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada Ottawa.

Cadman, M.D. 1989. « What is rare? A new look at Ontario's birds. » *Seasons*, 29 (1) : 24–29.

Cadman, M.D., P.F.J. Eagles et F.M. Helleiner. 1987. *Atlas of the breeding birds of Ontario.* Federation of Ontario Naturalists and the Long Point Bird Observatory. Presses de l'Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Campbell, R.R. 1988. « Rare and endangered fish and marine mammals of Canada: COSEWIC fish and marine mammal subcommittee status reports: IV. » *Canadian Field-Naturalist*, 102(1) : 81–86.

Carson, R. 1968. *Printemps silencieux.* Plon, Paris.

Comité de coordination de la recherche et de la surveillance. 1990. *Rapport de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides; Partie 4 — Effets sur les milieux aquatiques; Partie 5 — Effets sur les milieux terrestres.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Conseil canadien des ministres de la Faune. 1990. *Une politique des espèces sauvages pour le Canada.* Adoptée par le Conseil canadien des ministres de la Faune à sa réunion des 26 et 27 septembre 1990. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Conseil de gestion de la harde de caribous de la Porcupine. 1990. *Fourth annual report 1989–90.* Whitehorse (Yukon).

Crête, M., D. Le Hénaff, R. Nault, D. Vandal et R. Lizotte. 1987. *Estimation du nombre de caribous associés aux aires de mise bas de la rivière aux Feuilles et de la rivière George en 1986.* Rapport interne, Direction de la faune terrestre et Direction régionale du Nouveau-Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec.

Crête, M., D. Le Hénaff, R. Nault, L.P. Rivest et S. Luttich. 1989. *Estimation du nombre de caribous associés à l'aire de mise bas de la rivière George en 1988 et révision des estimations antérieures.* Rapport n° SP 1555. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec.

Crompton, C., J. McNeill, A. Stahevitch et W. Wojtas. 1988. *Preliminary inventory of Canadian weeds.* Bulletin technique 1988–9E. Direction de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa.

Cubberley, P.S. 1989. *The consequences of global warming for biological diversity.* Bulletin n° 5 du Fonds mondial pour la nature.

Danks, H. 1988. *Les insectes du Canada.* Document n° 1 de la Commission biologique du Canada. Musée national des sciences naturelles, Ottawa.

Dauphiné, C.T. 1989. « Une nouvelle stratégie nationale pour le rétablissement des espèces en péril. » *Sauvegarde : Bulletin sur les espèces en péril*, 1 : 11–12.

De Smet, K. 1989. *Draft status report on the Long-billed Curlew* Numenius americanus *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Didiuk, A.B., et F.D. Caswell. 1988. *Prairie waterfowl status report. A briefing document.* Document inédit. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Winnipeg.

Elliott, J.E., R.W. Butler, R.J. Norstrom et P.E. Whitehead. 1989. « Environmental contaminants and reproductive success of Great Blue Herons, *Ardea herodias*, in British Columbia, 1986–87. » *Environmental Pollution*, 59 : 91–114.

Environnement Canada. 1986. *Les terres humides du Canada : une ressource à conserver.* Fiche d'information n° 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *Les pluies acides : une évaluation nationale de la sensibilité.* Fiche d'information sur l'environnement n° 88–1. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Compte rendu de la situation des oiseaux-gibier migrateurs au Canada et lignes directrices nationales proposées pour le Règlement de chasse de 1991 (31 décembre 1990).* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Équipe de rétablissement de la chouette des terriers. 1989. *Draft Burrowing Owl recovery plan.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Edmonton.

Équipe de rétablissement du bison des bois. 1987. *Status report on wood bison* (Bison bison athabascae) *in Canada, 1987.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Eskimo Curlew Advisory Group. 1990. *Minutes, by Craig Faanes, of the meeting of January 10–12, 1990.* U.S. Fish and Wildlife Service, Grand Island, Nebraska.

Filion, F.L., A. Jacquemot, P. Boxall, R. Reid, P. Bouchard, E. DuWors et P.A. Gray. 1990. *L'importance de la faune pour les Canadiens en 1987 : la valeur économique de l'utilisation récréative de la faune.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Forêts Canada. 1991. *L'état des forêts au Canada : rapport au Parlement 1990.* Ottawa.

Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. 1990. *Statistiques sur l'aménagement forestier au Canada, 1977–1988.* Forêts Canada, Ottawa.

Foster, B. 1989. « The west coast: Canada's rain forest. » Pages 196–210 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Gollop, J.B., et C.E.P. Shier. 1978. *Status report on the Eskimo Curlew* Numenius borealis *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Gorrie, P. 1990. « The James Bay power project. » *Canadian Geographic*, 110(1) : 21–31.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Rapport du groupe de travail I. Aspects scientifiques. Vol. I.* Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Hackman, A. 1989. « Ontario's park system comes of age. » Pages 165 –182 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness*. Key Porter Books, Toronto.

Hall, R.J., et F.P. Ide. 1987. « Evidence of acidification effects on stream insect communities in central Ontario between 1937 and 1985. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 44 : 1652–1657.

Hart, L.E., K.M. Cheng, P.E. Whitehead, R.M. Shah, R.J. Lewis, S.R. Ruschkowski, R.W. Blair, D.C. Bennett, S.M. Bandiera, R.J. Norstrom et G.D. Bellward. 1991. « Dioxin contamination, growth, and development in Great Blue Heron embryos. » *Journal of Toxicology and Environmental Health* (sous presse).

Hill, S.B. 1989. « The world under our feet. » *Seasons*, 29(4) : 15–19.

Hirvonen, H. 1989. « Les pluies acides et les écosystèmes terrestres. » Pages 4–6 dans : *Bulletin n° 18 du Comité canadien de la classification écologique du territoire*. Direction du développement durable, Service des politiques du ministère, Environnement Canada, Ottawa.

Howe, M.A., P.H. Geissler et B.A. Harrington. 1989. « Population trends of North American shorebirds based on the International Shorebird Survey. » *Biological Conservation*, 49 : 185–199.

Hunt, K.A., D.M. Bird, P. Mineau et L. Shutt. 1991*a*. « Selective predation of organophosphate-exposed prey by American Kestrels. » *Animal Behaviour* (sous presse).

Hunt, K.A., D.M. Bird, P. Mineau et L. Shutt. 1991*b*. « Secondary poisoning hazard of fenthion to American Kestrels. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* (sous presse).

Karr, J.R., et D.R. Dudley. 1981. « Ecological perspective on water quality goals. » *Environmental Management*, 5 : 55–68.

Karr, J.R., K.D. Fausch, P.L. Angermeier, P.R. Yant et I.J. Schlosser. 1986. *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Urbana, Illinois.

Kay, B.H. 1989. *Les polluants dans le milieu marin de la Colombie-Britannique*. Feuillet d'information EDE n° 89–2. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Keating, M. 1987. « Our vanishing wetlands. » *Canadian Geographic*, 107 : 42–51.

Knapton, R.W. 1984. *Status report on Henslow's Sparrow* Ammodramus henslowii *in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Lanka, R., R. Guenzel, G. Fralick et D. Thiele. 1990. *Analysis and recommendations on the applications by Mr. John T. Dorrance III to import and possess native and exotic species*. Wyoming Game and Fish Department, Game Division, Cheyenne, Wyoming.

Lanteigne, J. 1988. « Status of the Banff longnose dace *Rhinichthys cataractae smithi* in Canada. » *Canadian Field-Naturalist*, 102(1) : 170–176.

Macaskie, I. 1986. *Updated status report on the sea otter* Enhydra lutris *in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Macey, A. 1979. *Status report on the grizzly bear* Ursus arctos horribilis *in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

MacLeod, K. 1990. « Leone Pippard: for the belugas. » *Equinox*, 51 : 19 –20.

Martell, A.M. 1984. « Changes in small mammal communities after fire in northcentral Ontario. » *Canadian Field-Naturalist*, 98 : 223–226.

McAllister, D.E., B.J. Parker et P.M. McKee. 1985. *Rare, endangered, and extinct fishes in Canada*. Syllogeus 54. Musées nationaux du Canada, Ottawa.

McNicholl, M.K. 1988. « Ecological and human influences on Canadian populations of grassland birds. » Pages 1–25 dans : Goriup, P.D. (réd.). *Ecology and conservation of grassland birds*. Publication technique n° 7. Conseil international pour la préservation des oiseaux, Cambridge (Angleterre).

McPhail, J.D. 1986. *Status report on the Salish sucker* Catostomus *sp. in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Miller, F.L. 1990. *Draft status report on the Peary caribou* Rangifer tarandus pearyi *in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Mineau, P. 1988. *Avian mortality in agro-ecosystems. 1. The case against granular insecticides in Canada*. British Crop Protection Council Monograph N° 40 — Environmental effects of pesticides. BCPC Publications, Croydon (Angleterre).

Mineau, P., et D.B. Peakall. 1987. « An evaluation of avian impact assessment techniques following broad-scale forest insecticide sprays. » *Environmental Toxicology and Chemistry*, 6 : 781–791.

Mineau, P., P.J. Sheehan et A. Baril. 1987. « Pesticides and waterfowl on the Canadian prairies: a pressing need for research and monitoring. » Pages 133–147 dans : Diamond, A.W., et F.L. Filion (réd.). *The value of birds: based on the proceedings of a symposium and workshop held at the 19th World Conference of the International Council for Bird Preservation*. Juin 1986, Université Queen's, Kingston (Ontario). Publication technique n° 6 du CIPO. Conseil international pour la préservation des oiseaux, Cambridge (Angleterre).

Minish, B.R. 1990. *Status report on the Greater Prairie-Chicken* Tympanuchus cupido pinnatus *in Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique. 1989. *Draft provincial wildlife strategy, October 2, 1989*. Direction de la faune, ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, Victoria.

Minns, C.K., J.E. Moore, D.W. Schindler et M.L. Jones. 1990. « Assessing the potential extent of damage to inland lakes in eastern Canada due to acidic deposition. III. Predicted impacts on species richness in seven groups of aquatic biota. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 47 : 821–830.

Morrison, R.I.G., et R.K. Ross. 1989. *Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America*. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Mosquin, T. 1990. *Biodiversity, wildlife, and habitat*. Rapport inédit présenté au Musée canadien de la nature, Ottawa, le 11 mars 1990.

Munro, W.T., D.W. Janz, V. Heinsalu et G.W. Smith. 1985. *The Vancouver Island marmot: status and management plan*. Wildlife Bulletin No. B-39. Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria.

Neiland, K.A. 1975. « Further observations on rangiferine brucellosis in Alaska carnivores. » *Journal of Wildlife Disease*, 11 : 45–53.

Nettleship, D.N., et P.G.H. Evans. 1985. « Distribution and status of the Atlantic Alcidae. » Pages 53–120 dans : Nettleship, D.N., et T.R. Birkhead (réd.). *The Atlantic Alcidae*. Academic Press, Londres.

Noble, D.G., et J.E. Elliott. 1986. *Environmental contaminants in Canadian seabirds 1968 –1985: trends and effects*. Série de rapports techniques n° 13. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Norstrom, R.J. 1990. « Are polar bears threatened by PCBs? » Comité arctique international : *Commentary*, 2 : 13 –17.

Office of Technology Assessment. 1987. *Technologies to maintain biological diversity*. OTA–F–330. Congress of the United States, Washington, DC.

Parker, B., et C. Brousseau. 1987. *Rapport de statut sur l'omble de fontaine (sous-espèce* aurora*)* Salvelinus fontinalis *(Mitchell) au Canada*. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Prairie Conservation Action Plan. 1989. Fonds mondial pour la nature Canada, Toronto.

Quinlan, R.W., W.A. Hunt, K. Wilson et J. Kerr. 1990. *Habitat requirements of selected wildlife species in the Weldwood Forest Management Agreement area.* Ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta, Edmonton.

Reeves, R.R., et E. Mitchell. 1987. *Rapport de statut sur la baleine grise de Californie* Eschrichtius robustus *au Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Regier, H.A. 1987. « Les poissons d'eau douce et leur pêche. » *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques,* 215 : 294–319.

RESCAPÉ. 1989. *Rapport annuel 1989.* Rétablissement des espèces canadiennes en péril. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Rodway, M.S. 1990. *Status report on the Marbled Murrelet* Brachyramphus marmoratus *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Sackmann, T. 1989. *Present status of arctic marine environmental quality.* Bureau régional des Territoires du Nord-Ouest, Protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Scheuhammer, A.M. 1991. « Effects of acidification on the availability of toxic metals and calcium to wild birds and mammals. » *Environmental Pollution,* 71 (sous presse).

Schindler, D.W. 1988. « Effects of acid rain on freshwater ecosystems. » *Science,* 239 : 149–157.

Seymour, N.R. 1990. « Significance of Nova Scotia estuarine habitats for waterfowl during the annual cycle. » Dans : *Landscape approaches to wildlife and ecosystem management (abstracts).* Document non paginé. Canadian Society for Landscape Ecology and Management Second Symposium, 3–6 mai 1990, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver.

Sheehan, P.J., A. Baril, P. Mineau, D.K. Smith, A. Harfenist et W.K. Marshall. 1987. *The impact of pesticides on the ecology of prairie nesting ducks.* Série de rapports techniques nº 19. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Snyder, J. 1990. *Status report on the Newfoundland pine marten* Martes americana *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Stabb, M. 1988. *Status report on the southern flying squirrel* Glaucomys volans *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Stemp, R. 1985. *Heart rate response of bighorn sheep to environmental factors and harassment.* Thèse de maîtrise, Faculté de design environnemental, Université de Calgary.

Strong, J.T. 1987. *Rapport de statut sur le narval* Monodon monoceros *au Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Taschereau, P. 1989. « The forest and the sea: maritime priorities. » Pages 139–151 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Taverner, P.A. 1945. *Birds of Canada.* Musées nationaux du Canada. Musson Book Company, Toronto.

Tessaro, S.V., et L.B. Forbes. 1986. « *Brucella suis* biotype 4: a case of granulomatous nephritis in a barren ground caribou (*Rangifer tarandus grœnlandicus* L.) with a review of the distribution of rangiferine brucellosis in Canada. » *Journal of Wildlife Diseases,* 22 : 479–483.

Thompson, I.D. 1988. « Habitat needs of furbearers in relation to logging in boreal Ontario. » *Forestry Chronicle,* 64(3) : 251–261.

Twitchell, K. 1991. « The not-so-pristine Arctic: from plankton to polar bears, the food chain is contaminated by global pollution. » *Canadian Geographic,* 111(1) : 53–60.

Wershler, C.R., et C.A. Wallis. 1987. *Status report on the Mountain Plover* Charadrius montanus *in Canada.* Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa.

Whitehead, P.E., J.E. Elliott et R.J. Norstrom. 1989. *Update of studies of dioxins in wildlife in the Strait of Georgia, 1989.* Document inédit. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Région du Pacifique et du Yukon, Delta (Colombie-Britannique).

Whitehead, P.E., J.E. Elliott et R.J. Norstrom. 1990. « PCDD and PCDF contamination of waterfowl in the Strait of Georgia, British Columbia, Canada, 1989–90. » Pages 459–462 dans : Hutzinger, O. (réd.). *Dioxin '90.* Volume 1. Ecoinforma Press, Bayreuth (Allemagne).

Wiken, E. 1986. *Les écozones terrestres du Canada.* Série de la classification écologique du territoire nº 19. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Zoltai, S.C. 1988. « Les provinces écoclimatiques du Canada et les changements climatiques provoqués par l'homme. » Pages 12–15 dans : *Bulletin nº 17 du Comité canadien de la classification écologique du territoire.* Direction du développement durable, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Banfield, A.W.F. 1977. *Les mammifères du Canada.* Ouvrage publié pour le Musée national des sciences naturelles. Les Presses de l'Université Laval, Québec.

Geist, V. 1985. « Game ranching: threat to wildlife conservation in North America. » *Wildlife Society Bulletin,* 13 : 594–598.

Geist, V. 1988. « How markets in wildlife meat and parts, and the sale of hunting privileges, jeopardize wildlife conservation. » *Conservation Biology,* 2(1) : 1–12.

Hummel, M. (réd.). 1989. *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Karr, J.R. 1990. « Biological integrity and the goal of environmental legislation: lessons for conservation biology. » *Conservation Biology,* 4(3) : 244–250.

Lynch, W. 1987. « The return of the swift fox. » *Canadian Geographic,* 107(4) : 28–32.

Noble, D.G., et S.P. Burns. 1990. *Les contaminants chez les oiseaux de mer au Canada.* Feuillet d'information EDE nº 90-1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par le Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ses principaux auteurs sont Colleen Hyslop, Service canadien de la faune (Ottawa), et Dan Brunton, de Daniel Brunton Consulting Services (Ottawa).

L'élaboration de ce chapitre aurait été impossible sans les contributions de divers membres du personnel du Service canadien de la faune relevant de l'Administration centrale et des régions. Nous remercions particulièrement Peter Blancher, Chuck Dauphiné, Kathy Dickson, Tony Gaston, Aili Kaarik, Karen Lloyd, Pierre Mineau, Guy Morrison, Richard Russell, Ian Stirling, Ed Telfer, Leigh Warren, Dan Welsh et Steve Wendt. Clayton Rubec, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), Julie Chouinard, experte-conseil (Ottawa), et Ted Mosquin, de Mosquin Bio-Information Ltd. (Lanark, Ontario), ont également apporté leur contribution au texte, aux données et au matériel d'illustration. Des directeurs ou des membres du personnel des services provinciaux et territoriaux de la faune ont également fourni des informations ainsi que des commentaires sur les textes préliminaires. Citons Bob Andrews (Alberta), Ray Halladay (Colombie-Britannique), Jim Hancock (Terre-Neuve), Art Hoole (Manitoba), Hugh Hunt (Saskatchewan), Kevin Lloyd (Territoires du Nord-Ouest), Jim MacLean (Ontario), Hugh Monaghan (Yukon), Richard Munro (Nouveau-Brunswick), Merrill Prime (Nouvelle-Écosse), Art Smith (Île-du-Prince-Édouard) et Daniel St-Onge (Québec).

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont également enrichi et amélioré le texte et les illustrations: Theresa Aniskowicz, Fédération canadienne de la nature (Ottawa), Valerius Geist, Université de Calgary, Joe Bryant, expert-conseil d'Ottawa, ainsi que David Neave, Erin Nixon et Amanda Jones, Habitat faunique Canada (Ottawa).

Gary Ironside, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett et Patricia Logan, avec la collaboration de Marla Sheffer

7

GRACIEUSETÉ D'INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Il y a plusieurs types d'aires protégées au Canada, depuis les petites réserves écologiques et les lieux historiques jusqu'aux grands parcs nationaux et provinciaux et aux grandes réserves de chasse. Toutes jouent un rôle important dans la préservation du patrimoine naturel et culturel du Canada.

▪

Environ 7 % du pays bénéficie actuellement d'une forme de protection. La moitié de cette superficie est protégée rigoureusement, tout prélèvement commercial y étant interdit. Le Plan vert du Canada recommande que le gouvernement fédéral consacre 12 % de son territoire aux aires protégées.

▪

Depuis 1986, l'étendue des parcs nationaux canadiens s'est accrue de 28 % et celle des parcs provinciaux bénéficiant d'une protection équivalente, de 14 %.

▪

L'établissement d'un parc ne garantit pas la protection des espèces sauvages. En effet, les aires protégées restent vulnérables à la surexploitation par les humains, aux dépôts acides et à la pollution de l'air et de l'eau par des polluants provenant de sources extérieures. Par exemple, l'Alliance mondiale pour la nature a mis le parc national Kejimkujik sur sa liste des zones sauvages menacées en raison des effets des dépôts acides.

▪

Bien que les aires protégées soient essentielles à la préservation de la diversité écologique, la plupart d'entre elles ne sont pas assez grandes pour protéger l'ensemble des espèces végétales et animales qu'elles renfermaient à l'origine. Les programmes de conservation et de gestion de l'environnement doivent être étendus à l'extérieur des limites des parcs, des réserves et des autres sites protégés.

▪

Dans beaucoup de régions du Canada, il est déjà trop tard pour protéger les écosystèmes naturels. Par exemple, il ne subsiste que quelques vestiges de la forêt carolinienne du sud de l'Ontario, les grandes prairies naturelles de jadis ont été réduites à des reliques isolées et les forêts vierges acadiennes des provinces de l'Atlantique ont presque complètement disparu.

▪

L'acquisition de terres par des organismes privés et des entreprises, et les ententes contractuelles entre les gouvernements et les particuliers sont au nombre des nouvelles méthodes permettant de protéger des zones d'importance. Ainsi, pour protéger de nombreuses parcelles de terre le long de l'escarpement du Niagara, en Ontario, on a conclu des ententes juridiques plutôt que de procéder à des acquisitions.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 7-4

La mosaïque canadienne des aires protégées 7-5
- Le contexte historique et philosophique 7-5
- La superficie à protéger 7-6
- Le niveau de protection 7-7
- La superficie des aires protégées 7-8
- La représentation des régions écologiques du Canada 7-9
  - Le cadre des régions naturelles 7-9
  - Le cadre des écorégions 7-9
  - Les cadres provinciaux 7-10

Les catégories d'aires protégées au Canada 7-10
- Les réserves écologiques 7-10
- Les parcs nationaux et provinciaux 7-10
- Les aires d'aménagement de la faune 7-11
- Les paysages protégés 7-12
- Les sites du patrimoine culturel 7-13
- Les sites désignés 7-16
- Les programmes internationaux relatifs aux zones protégées au Canada 7-16
  - La Convention du patrimoine mondial 7-17
  - Le Programme sur l'homme et la biosphère 7-17
  - La Convention de Ramsar 7-18
  - Le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental 7-19

L'intégrité écologique des zones naturelles protégées 7-19

Le parachèvement des réseaux d'aires protégées 7-21
- Un bilan fondé sur le cadre des régions naturelles 7-21
  - Les régions marines 7-23
  - Le Bouclier canadien et les basses terres de l'Arctique 7-24
  - Les prairies naturelles 7-25
  - Les basses terres du Saint-Laurent 7-25
- Un bilan fondé sur le cadre des écorégions 7-25
- Les réseaux provinciaux 7-25
- Les autres régions d'intérêt prioritaire 7-28
  - Les vieilles forêts 7-28
  - Les milieux humides 7-28
  - Les aires naturelles urbaines 7-29

La protection des aires naturelles et culturelles : de nouvelles avenues 7-29

Conclusion 7-29

Ouvrages cités 7-30

Pour de plus amples renseignements 7-31

Remerciements 7-31

Liste des figures

7.1 Cadre de l'UICN touchant la classification des zones terrestres et marines protégées **7-7**
7.2 Nombre d'aires protégées au Canada, par superficie et par catégorie de l'UICN **7-9**
7.3 Réserves fauniques gérées par le gouvernement fédéral **7-15**
7.4 Espaces protégés au Canada (catégories I et II de l'UICN), par région naturelle **7-22**
7.5 Espaces protégés au Canada (catégories I–V de l'UICN), par région naturelle **7-23**
7.6 Espaces protégés, par région marine **7-24**
7.7 Espaces protégés au Canada (catégories I et II de l'UICN), par écorégion **7-26**
7.8 Espaces protégés au Canada (catégories I–V de l'UICN), par écorégion **7-27**

Liste des tableaux

7.1 Principaux objectifs de conservation des aires protégées **7-6**
7.2 Nombre de réserves écologiques, 1985 et 1991 ..... **7-11**
7.3 Aires protégées par des organismes non gouvernementaux choisis, 1991 ..... **7-11**
7.4 Parcs nationaux, 1990 ..... **7-12**
7.5 Parcs provinciaux et territoriaux, aires d'aménagement de la faune et zones sauvages, 1991 ..... **7-13**
7.6 Comparaison des politiques d'extraction des ressources et d'utilisation des terres dans les réseaux de parcs canadiens, 1989 ..... **7-14**
7.7 Réserves fauniques gérées par le gouvernement fédéral, 1990 ..... **7-14**
7.8 Sommaire, par compétence, des sites connus et protégés du patrimoine culturel, 1990 ..... **7-16**
7.9 Sites du patrimoine reconnus à l'échelle internationale, 1990 ..... **7-18**
7.10 Progrès dans le parachèvement des réseaux d'aires protégées **7-28**

> « La détérioration ou la disparition d'un seul élément du patrimoine culturel ou naturel constitue un sérieux appauvrissement du patrimoine commun de l'humanité. »
>
> Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1972

INTRODUCTION

Les aires protégées sont des lieux spéciaux, des fenêtres sur le patrimoine naturel et humain. Elles célèbrent la beauté et l'infinie variété de notre pays et des organismes qui y vivent ainsi que l'adaptation des Canadiens à leur milieu au fil du temps. Nous pouvons découvrir notre passé dans ces sanctuaires où la nature est libre d'évoluer à sa façon, comme elle le fait depuis l'aube des temps. Les aires protégées sont des refuges non seulement pour les espèces sauvages mais aussi pour l'esprit.

Il y a une grande variété d'aires protégées au Canada : parcs nationaux, parcs provinciaux, réserves de chasse, refuges d'oiseaux, parcs récréatifs, parcs historiques, etc. Elles vont des vastes espaces sauvages du refuge faunique Thelon et du parc national Wood Buffalo (tous deux plus grands que plusieurs pays européens) à de petits emplacements de quelques hectares (p. ex., les cinq hectares de l'île Brackman, dernière île vierge dans l'archipel Gulf Island, entre l'île de Vancouver et le continent); elles vont aussi des édifices et structures (p. ex., Prescott House en Nouvelle-Écosse ou le navire St. Roch à Vancouver) aux grands espaces urbains de la ville de Québec ou aux avenues paysagées protégées de Niagara-sur-le-lac en Ontario.

Bien que l'on distingue souvent les aires qui sont protégées pour leurs attributs naturels de celles qui le sont pour des raisons culturelles, toutes les aires protégées sont intégrées dans un ensemble. Les sites urbains font tout aussi partie de l'environnement canadien que les régions sauvages vierges. En fait, peu d'endroits du globe ne portent pas l'empreinte de la présence humaine, et la plupart des sites culturels ont été façonnés par le milieu naturel.

Les lieux historiques sont souvent des témoins des interrelations entre la société et l'environnement et nous permettent de découvrir comment la société canadienne s'est appuyée sur l'environnement, l'a utilisé et en a même abusé au fil des ans. Par exemple, plusieurs lieux historiques nous rappellent notre dépendance à l'égard de la traite des fourrures au début de la colonie. Les fermes pionnières de la Saskatchewan attestent de la vague de colonisation et de l'expansion des jachères d'été. Et les sites consacrés à l'industrie forestière nous montrent comment les générations présentes et passées ont exploité l'une des plus grandes ressources naturelles du pays.

Les raisons d'être des aires protégées au Canada sont très diverses. Ainsi, elles peuvent servir à préserver de grandes parties d'écosystèmes ou de paysages culturels représentatifs, ou encore des sites réservés à un seul usage, par exemple, un milieu humide acquis pour protéger la sauvagine ou un lieu historique commémorant un événement particulier de l'histoire canadienne. De même, le niveau de protection peut varier. L'accès de bon nombre de réserves écologiques est très restreint. Dans d'autres zones protégées, on encourage les activités récréatives, on permet une certaine exploitation commerciale ou même la modification du milieu naturel en vue de la gestion de l'habitat ou pour des fins similaires. Beaucoup d'aires protégées — surtout les plus grandes — remplissent plusieurs rôles et sont zonées en fonction de différents niveaux de protection et d'une variété d'utilisations. Dans le cas du patrimoine culturel, les gouvernements fédéral et provinciaux font l'acquisition de certains sites à valeur patrimoniale pour les protéger. D'autres sites, généralement privés, peuvent faire l'objet d'une réglementation, notamment les gares ferroviaires du patrimoine national et les sites régis par des lois provinciales et territoriales sur les ressources historiques.

Les aires naturelles protégées peuvent contribuer à la réalisation de grands objectifs environnementaux. Elles permettent de maintenir des processus écologiques essentiels ou la biodiversité, ou de promouvoir l'utilisation durable du milieu naturel. Les aires protégées sont donc des éléments clés de toute stratégie environnementale d'un pays. Le rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988), mieux connu sous le nom

de rapport Brundtland, décrivait les zones protégées comme une condition préalable au développement durable et demandait à toutes les nations de mettre en place un réseau complet d'aires protégées afin de conserver des échantillons représentatifs des espèces et des écosystèmes de la Terre.

Aucun objectif comparable n'a été établi pour la protection des sites du patrimoine humain dans le monde. Bien que les citoyens aient à cœur de promouvoir le patrimoine humain et de le préserver, au Canada les défenseurs du patrimoine culturel ont connu moins de succès que leurs homologues du patrimoine naturel. Toutefois, Frye (1975) signalait il y a plusieurs années que « nous prenons également conscience de la nécessité d'en venir à une forme quelconque d'écologie humaine, de conserver non seulement nos ressources naturelles mais aussi nos ressources culturelles et imaginatives ».

Bien qu'elles puissent contribuer grandement au développement durable, les aires protégées ne peuvent assurer à elles seules la diversité biologique du milieu ou la conservation des symboles exceptionnels de notre patrimoine humain. Néanmoins, elles sont plus que jamais considérées comme des modèles de gestion du patrimoine naturel et culturel et comme un legs important à préserver et à enrichir au profit des générations à venir.

Cependant, on se demande de plus en plus si les aires protégées peuvent permettre d'atteindre les objectifs visant la sauvegarde du patrimoine naturel et culturel pour lesquels elles ont été établies. La simple désignation d'une aire protégée n'assure pas automatiquement la préservation, à perpétuité, de l'intégrité écologique ou culturelle des ressources que l'on trouve dans cette aire. Outre le fait qu'elles subissent des pressions internes telles que le braconnage, le vandalisme et la surutilisation à des fins récréatives, les aires protégées sont de plus en plus entourées de zones aménagées et de plus en plus exposées à des agressions qui transgressent leurs limites : les dépôts acides, le réchauffement de la planète, la pollution des eaux par des sources en amont, la circulation routière et le transport atmosphérique à grande distance de produits chimiques toxiques.

Il faut aussi souligner que les paysages terrestres et marins — naturels et historiques — ne sont pas tous adéquatement représentés dans les aires protégées du pays. Le Canada se compose d'une grande variété d'unités écologiques distinctes, chacune avec ses espèces et ses traits caractéristiques. Pour préserver intégralement cette diversité, toutes les régions écologiques devraient être représentées dans les divers réseaux d'aires protégées du pays. Lorsqu'on en arrive au patrimoine humain, il est encore plus difficile de décider de ce que l'on protège. Notre histoire, multidimensionnelle sur le plan du temps, de l'espace et des activités humaines, nous a laissé un héritage qui mettrait au défi le plus assuré des évaluateurs chargés de déterminer sa représentativité. À cet égard, la définition de thèmes historiques humains plutôt que de limites physiographiques peut fournir un cadre qui nous permettrait d'en arriver à une représentation plus complète de notre patrimoine humain.

Pour évaluer l'état des aires protégées, il faut répondre à deux questions fondamentales. Premièrement, dans quelle mesure le patrimoine naturel et culturel du Canada est-il préservé à l'intérieur des limites des aires protégées? Deuxièmement, y a-t-il suffisamment d'aires protégées? Le présent chapitre décrit les plus importants programmes canadiens d'aires protégées au Canada et examine jusqu'à quel point ils répondent à ces deux questions clés. Le chapitre traite principalement des aires naturelles protégées. Dans le contexte culturel, il y a encore beaucoup de travail à faire pour inventorier systématiquement les lieux protégés au Canada, analyser les menaces qui pèsent sur le patrimoine culturel canadien et élaborer les critères servant à déterminer l'efficacité des divers mécanismes de protection et la mesure dans laquelle cette protection sert les objectifs à long terme du développement durable.

LA MOSAÏQUE CANADIENNE DES AIRES PROTÉGÉES

Le contexte historique et philosophique

Les premières zones protégées ont fait leur apparition au Canada peu après la naissance de la Confédération. L'objectif était double : préserver des sites panoramiques exceptionnels pour des activités de plein air et pour le tourisme et protéger les habitats fauniques de façon à assurer la chasse. Les parcs municipaux, tels que le Mont-Royal à Montréal (en 1872), et le premier parc national du Canada à Banff (en 1885), ont été parmi les premières aires protégées. Le gouvernement de l'Ontario a établi le premier parc provincial, le parc Algonquin, en 1893 (Eidsvik, 1989).

Au début, certaines aires protégées ont pris des proportions énormes avant d'être progressivement réduites. Dans le Nord canadien, par exemple, des réserves ont été établies dès 1894 pour protéger le gibier chassé par les autochtones. Ce réseau de réserves a pris de l'expansion et, en 1938, il couvrait 1,35 million de kilomètres carrés, soit bien plus du tiers des Territoires du Nord-Ouest! Après 1948, il a été réduit progressivement et, aujourd'hui, seules quelques-unes des plus petites réserves subsistent (Kovacs, 1985).

Les aires protégées ont aussi cédé le pas au développement ailleurs au Canada. En Saskatchewan, par exemple, 267 km^2 de bas-plateaux faisant partie des refuges fédéraux d'oiseaux migrateurs en 1925 avaient été réduits à moins de 17 km^2 en 1956 à des fins agricoles.

Il y a cependant eu un regain d'intérêt pour les aires protégées ces dernières années. Aujourd'hui, plus de 120 programmes gouvernementaux et privés au Canada ont pour but l'acquisition et la gestion de parcelles à des fins de conservation (A. Turner, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement

Canada, communication personnelle), et les aires protégées ont maintenant une grande variété d'objectifs (voir le tableau 7.1). Bien que les loisirs, le tourisme et l'exploitation commerciale des ressources demeurent des buts communs, la raison d'être des zones protégées s'est élargie, en partie grâce à la reconnaissance de la variété des valeurs attribuables aux aires naturelles. Les aires protégées peuvent jouer et jouent souvent plus d'un rôle. Par exemple, les parcs nationaux assurent la protection des espèces et des écosystèmes et offrent l'occasion de s'instruire et de s'adonner à des loisirs.

Il y a à peine une génération, les aires protégées étaient encore perçues comme des forteresses, à l'abri de tout développement ou de toute exploitation grâce à leurs limites juridiques et à leur administration sous un régime indépendant. La plupart des zones protégées étaient préservées des répercussions des activités humaines par des régions sauvages environnantes ou adjacentes. De fait, nombre de parcs — notamment les parcs des Rocheuses, dotés de leurs propres sites urbains et d'équipements d'accueil — constituaient des îlots de civilisation dans d'immenses zones sauvages.

La situation a changé. Les menaces qui pèsent sur les aires protégées viennent de l'intérieur (p. ex., la surutilisation à des fins récréatives) et de l'extérieur (p. ex., les dépôts acides), et elles se multiplient. Bon nombre de parcs et de réserves deviennent des îlots écologiques dans une mer de développement. On constate une réduction sensible de leur capacité à résister aux agressions et à maintenir la diversité génétique. Des espèces ont disparu ou sont en péril dans de nombreuses aires protégées, y compris de grands parcs et de grandes réserves.

Les aires protégées ne sont donc plus isolées et immunisées contre les effets des activités humaines se déroulant dans les régions environnantes. Les organismes responsables de l'administration des aires protégées prennent conscience de la nécessité d'assurer une continuité entre les espaces qui sont protégés et ceux qui ne le sont pas. Les « zones tampons » offrent peut-être une solution, bien que l'on n'y ait guère eu recours au Canada jusqu'à maintenant.

D'autres changements d'orientation sont intervenus dans la gestion des aires protégées ces dernières années. La portée des programmes s'est élargie. Par exemple, on accorde plus d'importance à la protection des régions marines et dulcicoles. Le gouvernement fédéral a ajouté les parcs marins au réseau des parcs nationaux. Le Plan vert du Canada prévoit d'ailleurs l'établissement de trois nouveaux parcs marins nationaux d'ici 1996 et de trois autres dans des régions à confirmer d'ici l'an 2000.

Les gouvernements ne sont plus considérés comme les seuls responsables des mesures de protection. Au cours des dernières décennies, les programmes privés ont progressé de façon remarquable. Un nombre croissant de propriétaires privés ont consacré des terres à la conservation, augmentant ainsi les aires de protection des espèces sauvages et de leurs habitats.

Au fur et à mesure de l'évolution des programmes, un objectif se dessine nettement en ce qui concerne la préservation du patrimoine naturel : la constitution d'un réseau de sites écologiques représentatifs et exceptionnels, grands et petits, publics et privés, dont les fonctions s'intègrent pour maintenir la biodiversité et les processus écologiques essentiels. Un tel réseau contribuera non seulement à la qualité de l'environnement mais aussi au développement durable de l'économie à long terme et à une qualité de vie supérieure.

TABLEAU 7.1

Principaux objectifs de conservation des aires protégées

- Maintenir les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie
- Préserver la diversité génétique et biologique
- Protéger les valeurs esthétiques et les écosystèmes naturels
- Conserver les bassins hydrographiques et leur production
- Réduire l'érosion, la sédimentation et l'épuisement des sols
- Maintenir la qualité de l'air
- Protéger les habitats d'espèces représentatives, rares et en danger de disparition
- Favoriser l'écotourisme et les activités récréatives
- Favoriser la recherche, l'éducation et la surveillance
- Contribuer à l'utilisation durable et à l'écodéveloppement
- Protéger le patrimoine naturel et culturel
- Ménager l'avenir

Source : Alliance mondiale pour la nature, 1990.

La superficie à protéger

À l'échelle aussi bien mondiale que nationale, la nécessité de sauvegarder la biodiversité et l'intégrité écologique se fait plus pressante que jamais.

Par rapport au Canada, seuls le Danemark[1], les États-Unis et l'Australie consacrent une plus grande superficie de leur territoire aux parcs et autres aires protégées (Organisation pour la coopération et le développement économiques, 1989; World Resources Institute, 1990). Cependant, nombre de pays protègent une plus grande proportion de leur territoire que le Canada. En fait, selon le World Resources Institute (1990), le Canada accorde une protection totale à 3,7 % de son territoire, comparativement à 4 % pour l'ensemble des pays du globe (ces statistiques ne comprennent que les espaces d'au moins 10 km^2 et excluent les sites protégés par les autorités locales ou des organismes privés ainsi que ceux où l'on permet une récolte des espèces sauvages).

Selon d'autres évaluations plus globales, les terres et les eaux douces protégées du Canada représenteraient entre 6,3 % et 7,4 % du territoire. La différence tient à la variété des critères d'inclusion et à la disponibilité des données. Par exemple, certaines évaluations incluent, contrairement à d'autres, les réserves privées.

D'après Hummel (1989), les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux protègent 6,3 % de la masse terrestre canadienne, mais ce pourcen-

[1]Les chiffres pour le Danemark comprennent de vastes territoires protégés au Groenland.

tage tombe à 2,6 % si l'on exclut les sites où l'exploitation forestière et minière ou la chasse sont permises. Dans son rapport d'étape *Espaces en danger* de 1991, le Fonds mondial pour la nature Canada signale que 3,4 % du territoire canadien se trouve dans des aires protégées où sont interdites les activités industrielles telles que l'exploitation forestière et minière et la production hydroélectrique (mais non la chasse).

Le Plan vert du Canada mentionne que les gouvernements et les organismes privés de conservation ont protégé environ 6,9 % du territoire du pays (Gouvernement du Canada, 1990).

La base nationale de données sur les aires de conservation, établie conjointement par Environnement Canada et le Conseil canadien des aires écologiques, recense environ 3 000 sites — couvrant quelque 708 000 km² ou 7,1 % du territoire canadien — consacrés à la conservation et administrés par les autorités fédérales, provinciales ou territoriales. Des organismes non gouvernementaux posséderaient en outre des espaces d'une superficie approximative de 32 000 km². Au total, quelque 740 000 km² (7,4 % du Canada) bénéficieraient donc d'une certaine protection (Turner et collab., 1991).

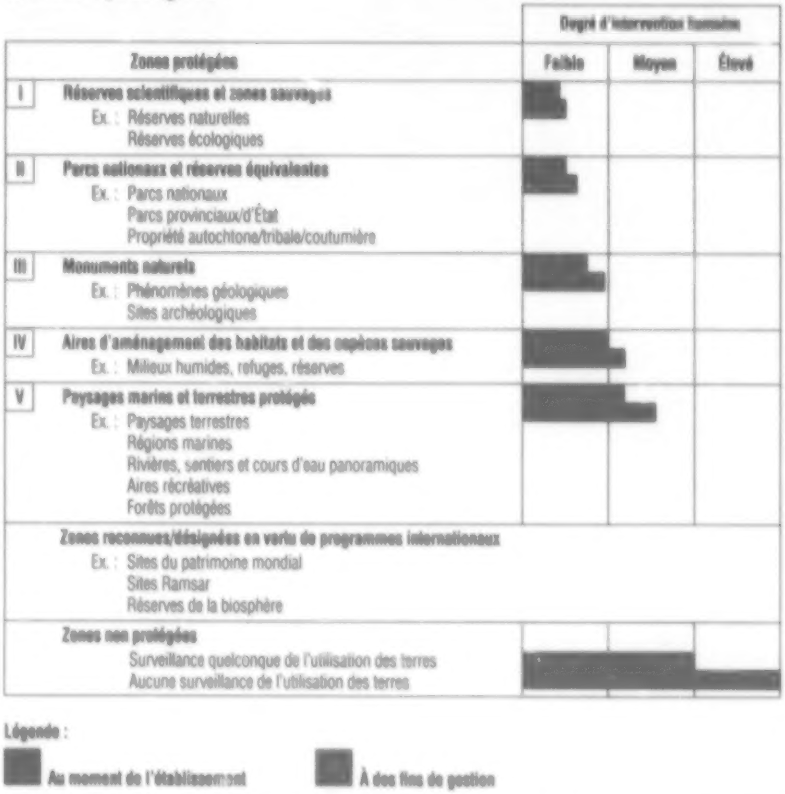
Quelle proportion du territoire faudrait-il protéger? En 1982, le troisième Congrès mondial sur les parcs nationaux recommandait que chaque pays réserve 10 % de son territoire aux aires protégées. Cet objectif a été appuyé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement. La Commission mondiale sur l'environnement et le développement a également souscrit à cette recommandation dans le rapport Brundtland et suggéré de tripler les 4 % de la planète qui étaient aménagés, selon elle, à des fins de conservation exclusivement.

Conformément à ces recommandations, le Plan vert du Canada, publié en décembre 1990, proposait de protéger 12 % du territoire canadien dans le cadre d'un réseau d'aires protégées de façon à conserver des échantillons représentatifs des écosystèmes du pays (Gouvernement du Canada, 1990). Quel que soit le chiffre retenu quant à la superficie de la masse terrestre et des eaux douces protégée au Canada, le total se situe pour l'instant bien loin de l'objectif.

Outre la superficie totale, bien d'autres facteurs sont à considérer dans l'évaluation de la mosaïque des sites protégés au Canada : le niveau de protection, l'étendue et la situation géographique de chaque aire, de même que le bien-fondé de cette protection sur le plan écologique. Le simple fait de réserver 12 % du territoire canadien aux aires protégées ne suffit pas en soi à préserver la biodiversité ou à maintenir les processus écologiques essentiels.

FIGURE 7.1

Cadre de l'UICN touchant la classification des zones terrestres et marines protégées



Source : Alliance mondiale pour la nature, 1990.

Le niveau de protection

Le degré autorisé d'intervention humaine est un critère important permettant de faire la distinction entre les diverses aires protégées. C'est sur ce critère que l'Alliance mondiale pour la nature (UICN)[2] et sa Commission des parcs nationaux et des zones protégées se sont fondées en grande partie pour la classification des aires protégées. La figure 7.1 illustre le système de classification révisé accepté à l'assemblée générale de l'Alliance mondiale pour la nature en Australie en novembre 1990. Ce système, qui établit cinq catégories de zones où la protection compte parmi

[2] L'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN) s'appelle maintenant l'Alliance mondiale pour la nature; le sigle n'a toutefois pas été changé.

les principaux objetifs poursuivis, vise à combattre la vision étriquée des zones protégées et à lui substituer une notion élargie de différents niveaux de conservation et de développement (Nelson et Eidsvik, 1990).

Toute les catégories de l'Alliance mondiale pour la nature ont une importance égale. Chacune offre un niveau de protection correspondant à l'effort requis pour maintenir les caractéristiques naturelles et les valeurs attachées à chaque site. Et chacune est essentielle à la réalisation de tous les objectifs énumérés dans le tableau 7.1. Les sites vierges rigoureusement protégés (catégories I et II de l'UICN) sont essentiels à la préservation de la diversité génétique et au maintien de l'intégrité écologique, étant donné que l'on ne trouve pas dans les écosystèmes modifiés l'ensemble des espèces et des processus caractérisant les sites vierges. Certains sites moins protégés, où l'on permet certaines activités de prélèvement (p. ex., la chasse ou l'exploitation forestière), peuvent servir à protéger des espèces ou des habitats particuliers. Toutes les catégories de sites prévoient le maintien de fonctions écologiques fondamentales, comme les processus naturels de protection des bassins hydrographiques et de stabilisation du climat, de même que les cycles de l'oxygène, du carbone et d'autres éléments nutritifs. Avec une bonne planification et une administration adéquate, de telles zones peuvent servir de modèles pour l'exploitation durable de la flore et de la faune.

D'importants réseaux d'aires protégées sont axés sur les ressources et les artefacts historiques ou archéologiques. Lorsqu'elles sont étroitement liées au milieu naturel, ces ressources sont incluses dans le cadre de l'Alliance mondiale pour la nature et classifiées dans la catégorie correspondant à leurs objectifs de conservation.

Bien que la terminologie canadienne diffère de celle utilisée par l'Alliance mondiale pour la nature dans la figure 7.1, la classification de cet organisme fournit, à l'échelle internationale, un cadre utile pour examiner les aires protégées et évaluer leur contribution aux objectifs du développement durable.

Le niveau de protection des aires protégées canadiennes varie, tout comme les buts pour lesquels celles-ci ont été créées. Les réserves écologiques, les régions naturelles, les parcs nationaux et certains parcs provinciaux et territoriaux assurent une protection rigoureuse à des aires, à des espèces et à des écosystèmes naturels. Ils s'inscrivent dans les catégories I et II de l'UICN.

Dans d'autres aires protégées, comme les zones d'exploitation contrôlée et les paysages protégés, les interventions humaines compatibles avec les objectifs de conservation sont autorisées. De telles aires (catégories III, IV et V de l'UICN) peuvent faire l'objet d'une exploitation commerciale contrôlée à condition que les valeurs naturelles inhérentes aux sites ne soient pas perturbées. Par exemple, dans certaines zones d'exploitation contrôlée, la chasse est permise mais les activités qui pourraient altérer ou détruire l'habitat naturel, telles que les coupes à blanc, sont interdites.

La portée de la protection juridique diffère également selon les types d'aires protégées. Les limites des parcs nationaux et de certains parcs provinciaux sont fixées par voie législative. Pour modifier leurs limites ou leur statut, il faut donc une approbation législative. D'autres zones protégées sont créées par décret ou par le biais d'ententes privées. Leur statut ou leurs limites peuvent alors être plus facilement modifiés.

Les aires protégées ne sont pas des systèmes clos et autonomes; elles existent dans un contexte écologique ou régional plus large. Pour que les Canadiens réalisent tout le potentiel de ce patrimoine, il faut que les objectifs de gestion s'étendent au-delà des limites des parcs, des réserves et des lieux historiques. Il nous incombe de bien gérer l'environnement dans son ensemble, que nous soyons engagés dans des activités comme la préservation du milieu naturel, la foresterie, la pêche, l'agriculture, l'aquiculture, le tourisme, les loisirs, l'éducation ou le développement urbain. Ainsi seulement pourrons-nous inverser la perte actuelle de ressources écologiques et culturelles au profit d'objectifs aussi bien environnementaux que sociaux et économiques.

La superficie des aires protégées

Le niveau de protection accordé à une zone ne garantit pas en soi la réalisation des objectifs du développement durable. La superficie d'une aire protégée peut être tout aussi importante que les objectifs de conservation visés. Par exemple, on a constaté que des aires naturelles protégées ne peuvent demeurer intactes lorsqu'elles sont entourées de zones aménagées. Dans une étude de 14 parcs nord-américains de l'Ouest, Newmark (1987) a constaté que 42 espèces de mammifères avaient disparu parce que les parcs étaient trop petits.

La dimension idéale d'une réserve dépend de la raison d'être de cette réserve. Pour protéger un site de fossiles, une réserve n'a pas à être plus grande que le site même. Mais pour protéger un écosystème entier, il n'y a pas de limites à l'étendue. Lorsque la superficie d'une réserve est restreinte pour des considérations commerciales, politiques ou autres, cette réserve risque d'être très sensible aux influences extérieures et il pourra lui être difficile de se remettre de l'impact du tourisme ou de catastrophes naturelles.

Avec la modification et le développement des territoires environnants, les aires protégées deviennent des îlots naturels isolés. Tout comme les îles océaniques ont connu la disparition d'espèces et des perturbations écologiques après leur découverte et leur exploitation, les parcs « îlots » risquent davantage de perdre leur intégrité écologique et la diversité de leur biote. D'après la théorie de la biogéographie des îlots, les régions plus grandes font vivre plus d'espèces et des populations plus nombreuses et plus stables. Si l'on réduit les dimensions d'un écosystème, le nombre d'espèces que ce dernier abrite diminuera progressivement pour atteindre un nouvel équilibre. Règle

générale, lorsque l'étendue d'un « îlot » est réduite à un dixième de ce qu'elle était, la moitié des espèces résidantes disparaissent (Webb, 1987; Dueck, 1990). Dans le cas d'une aire protégée qui n'est pas complètement isolée, l'application de cette théorie se complique du fait d'influences provenant des régions environnantes, par exemple, la migration d'autres espèces.

Il n'y a guère d'aires protégées, sinon aucune, qui soient suffisamment étendues pour répondre aux besoins écologiques de toutes les communautés végétales et animales qu'elles contiennent. Par exemple, on a recommandé des réserves de plus de 10 000 km² pour protéger des populations de quelques centaines de grands carnivores dans la savane africaine (Webb, 1987).

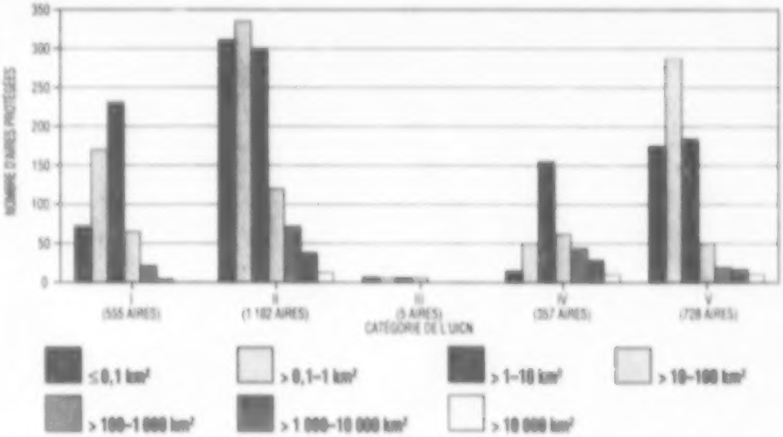
La figure 7.2 donne le nombre d'aires protégées au Canada (à l'exclusion des territoires privés et des sites du patrimoine culturel), par superficie et par catégorie de l'UICN. Elle révèle que 81 % des zones protégées (2 285) ont moins de 10 km² et que seulement 0,7 % ont plus de 10 000 km². Environ 61 % des zones (1 737) sont protégées rigoureusement (catégories I et II de l'UICN). De celles-ci, 82 % (1 418) ont moins de 10 km².

Même les quatre parcs nationaux contigus des Rocheuses (Banff, Jasper, Yoho et Kootenay), qui forment l'un des complexes les plus grands et les mieux protégés du Canada, ne peuvent répondre aux besoins écologiques de grands carnivores comme les carcajous, les grizzlis, les loups ou les couguars (Dueck, 1990). D'après Sangster (1990), le seuil pour une population viable de grizzlis s'élève à 393 individus et il leur faut un territoire de 50 000 km² pour survivre. La superficie protégée des quatre parcs ne totalise que 20 238 km². Même si l'on ajoute les 9 000 km² d'aires protégées provinciales adjacentes, ce complexe n'est pas assez grand pour empêcher que les cycles naturels ne soient touchés par les activités se déroulant dans les territoires voisins non protégés.

Si les grandes réserves ont généralement plus de valeur écologique, il ne faut pas pour autant conclure que les petites réserves n'en ont pas. Elles peuvent protéger des aires écologiques cruciales comme les frayères ou les aires de repos des oiseaux migrateurs, préserver des traits culturels uniques ou des habitats rares, relier des réserves plus grandes ou servir d'aires éducatives et récréatives. De plus, la relation géographique des aires protégées est importante : plusieurs petites réserves bien planifiées peuvent faire fonction de grande réserve. La dimension d'une aire protégée peut être aussi cruciale que le niveau de protection qui lui est accordé.

FIGURE 7.2

Nombre d'aires protégées au Canada, par superficie et par catégorie de l'UICN



Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

La représentation des régions écologiques du Canada

La délimitation des régions écologiques se fait généralement par le recoupage de renseignements sur les sols, la végétation, le relief et les climats. On peut repérer des aires naturelles représentatives en trouvant des sites particuliers qui illustrent les caractéristiques de chaque région. Parmi les cadres nationaux existants, mentionnons celui des régions naturelles du Service canadien des parcs et celui des écorégions du Comité canadien de la classification écologique du territoire. Certaines provinces et un territoire ont élaboré leur propre classification des régions écologiques.

Le cadre des régions naturelles

La notion de régions naturelles a été adoptée au Canada en 1971 comme cadre de planification systématique des parcs nationaux. Le Service canadien des parcs a divisé le pays en 39 régions terrestres naturelles et en 9 régions marines (augmentées à 29 par la suite). Chaque région se distingue par les caractéristiques facilement observables de son biote, de sa physiographie et d'autres conditions environnementales (Environnement Canada, 1971, 1990).

Grâce à ce cadre, on peut reconnaître des échantillons représentatifs exceptionnels de chaque région naturelle et il est plus facile de déterminer le nombre requis de parcs et la superficie à protéger.

Le cadre des écorégions

Un autre cadre national servant à décrire les régions écologiques du Canada est celui des écorégions. Élaboré par le Comité canadien de la classification écologique du territoire,

il divise le pays en 177 écorégions en fonction de leurs caractéristiques biophysiques et géographiques. Ces écorégions, qui font partie de 40 écoprovinces regroupées en 15 écozones plus générales, sont elles-mêmes subdivisées en 5 400 écodistricts (Wiken, 1986).

Ce cadre n'a pas été élaboré en vue de la création de parcs; toutefois, pour protéger toute la diversité écologique du Canada, il faudrait constituer en réserve des échantillons de chacune des unités écologiques distinctes qui y sont décrites.

Les cadres provinciaux

Depuis 1970, les provinces (à l'exclusion du Nouveau-Brunswick, de Terre-Neuve et de l'Île-du-Prince-Édouard) et le Yukon ont cartographié leurs régions naturelles. Jusqu'ici, ces paliers de gouvernement ont établi 274 régions naturelles (Fonds mondial pour la nature Canada, 1991), dont certaines coïncident avec des écorégions nationales. En outre, certaines définitions diffèrent entre provinces voisines. Bien que les organismes de conservation canadiens n'aient pas adopté un seul et unique cadre, tous s'accordent sur la mise en place de réseaux « représentatifs » d'aires protégées. Par souci d'uniformité dans la présentation des données, seuls les cadres nationaux seront utilisés dans le présent chapitre.

LES CATÉGORIES D'AIRES PROTÉGÉES AU CANADA

Il existe plusieurs types d'aires protégées au Canada — parcs, réserves, aires de conservation et refuges pour en nommer quelques-uns — , chacun ayant sa raison d'être et sa place dans l'ensemble du réseau. La plupart des aires protégées, notamment les plus grandes, ont plus d'une fonction. On trouve dans bon nombre d'entre elles des étendues qui, individuellement, jouent différents rôles au sein d'une même région. Par exemple, des réserves naturelles dans le parc provincial Algonquin, en Ontario, constituent des zones de protection rigoureuse d'écosystèmes dans une aire plus large consacrée aux activités de plein air et à l'exploitation durable des ressources forestières.

Dans le présent chapitre, les aires protégées canadiennes sont regroupées dans les catégories suivantes : réserves écologiques, parcs nationaux et provinciaux, zones d'exploitation contrôlée, paysages protégés, sites du patrimoine culturel et sites désignés.

Les réserves écologiques

Les réserves écologiques sont des aires naturelles protégées où les interventions humaines sont réduites au strict minimum et où l'évolution naturelle se poursuit sans entrave. Ces aires sont les moins exposées à l'influence humaine et elles correspondent à la catégorie I de l'UICN (figure 7.1).

Les réserves écologiques servent surtout à préserver les ressources génétiques et à permettre la recherche scientifique et des programmes éducatifs appropriés. Elles peuvent également servir d'étalons pour mesurer les dommages et les changements ou le degré de récupération des aires perturbées par les activités humaines. On y permet habituellement, sans toutefois les encourager, des activités récréatives telles que les randonnées pédestres ou l'observation de la nature (Taschereau, 1985). La chasse et l'exploitation commerciale des ressources y sont habituellement interdites. Cependant, de telles activités sont permises dans certaines réserves écologiques, pour autant qu'elles ne compromettent pas les valeurs à l'origine de la création de la réserve. Par exemple, la chasse est permise à Mistaken Point à Terre-Neuve, site connu surtout pour ses fossiles.

Le Canada compte aujourd'hui 204 réserves écologiques, dont la superficie varie de moins de 1 km^2 à près de 500 km^2 et totalise 2 865 km^2 (Fonds mondial pour la nature Canada, 1991). Une fois établie, la réserve écologique de Matamek, au Québec, couvrira plus de 700 km^2 et protégera un bassin hydrographique entier. Le tableau 7.2 montre l'évolution des réserves écologiques, par province et territoire, entre 1985 et 1991.

Les terres détenues par des fiducies écologiques et des organismes non gouvernementaux de conservation constituent un ensemble réduit mais croissant d'aires protégées rigoureusement (voir le tableau 7.3). Dans bon nombre de cas, le niveau de protection visé est le même que dans les réserves écologiques.

Les parcs nationaux et provinciaux

Les parcs nationaux et provinciaux constituent les plus grands espaces du pays où l'extraction commerciale des ressources et la chasse sportive sont interdites (catégorie II de l'UICN) (figure 7.1). Ils protègent des caractéristiques naturelles exceptionnelles ainsi que des paysages terrestres et des aires sauvages, offrent des infrastructures récréatives et touristiques et encouragent la recherche et les programmes d'éducation.

Les 34 parcs terrestres nationaux du Canada couvrent plus de 180 000 km^2 (tableau 7.4) ou 1,8 % de la masse terrestre et des eaux douces du pays. Ils varient de 6 km^2 (Îles du Saint-Laurent) à 44 807 km^2 (Wood Buffalo). Les trois nouveaux parcs créés entre 1985 et 1990 ont ajouté près de 40 000 km^2 au réseau. De plus, on a créé deux parcs marins, d'une superficie totale de 285 km^2. Les parcs marins ont le même mandat que les parcs terrestres, sauf que la pêche commerciale et la navigation y sont permises. Certains ont valeur de patrimoine culturel, comme le parc marin national de Fathom Five dans la baie Georgienne, créé en raison des 19 navires naufragés qui s'y trouvent ainsi que pour les thèmes d'histoire naturelle caractéristiques de cette région marine de la baie Georgienne.

Wood Buffalo est le seul parc national où l'on permet certaines activités commerciales d'extraction des ressources; il s'y fait de l'exploitation forestière en vertu d'accords passés avant que le Service canadien des parcs ne prenne en main la gestion du parc. Le Service négocie actuellement l'acquisition des droits de coupe pour mettre fin aux

TABLEAU 7.2

Nombre de réserves écologiques, 1985 et 1991

Province/Territoire	1985	1991	Superficie (km²)[a]
Colombie-Britannique	113	131	1 589
Alberta	0	13	271
Saskatchewan	0	1	8
Manitoba	6	12	570
Ontario	0	0	0
Québec	12	29	340
Nouveau-Brunswick	?	5	2
Nouvelle-Écosse	0	4	2
Île-du-Prince-Édouard	0	0	0
Terre-Neuve	5	8	67
Yukon	0	1	16
Territoires du Nord-Ouest	0	0	0
Total	**136**	**204**	**2 865**

[a] Les superficies sont celles de 1991 et sont arrondies au kilomètre carré le plus proche.

Remarque : Les sites suivants ne sont pas inclus : le site canadien des pingos dans les Territoires du Nord-Ouest et les zones les plus protégées dans les parcs nationaux (zone 1) et dans le réseau des parcs provinciaux de la Colombie-Britannique et de l'Ontario. Ces sites reçoivent la même protection que les réserves écologiques mais ne sont pas protégés aux termes des lois concernant les réserves écologiques.

Source : Boudreau, 1988; Fonds mondial pour la nature Canada, 1991.

TABLEAU 7.3

Aires protégées par des organismes non gouvernementaux choisis, 1991

Organisme	Superficie (km²)
Canards Illimités Canada	29 000[a]
Société canadienne pour la conservation de la nature	340
British Columbia Nature Trust	36[b] (chevauchement avec plusieurs parcs)
Island Nature Trust, Île-du-Prince-Édouard	3
Federation of Ontario Naturalists	5
Fondation Habitat faunique Canada	plus de 150
Total	**plus de 29 534**

[a] Y compris les aires protégées administrées conjointement par plusieurs gouvernements.
[b] 1983.

Source : A. Turner et collab., 1991.

coupes à blanc. Si ces négociations échouent, l'exploitation cessera tout de même à l'expiration du permis en 2002.

Chaque province et territoire du Canada possède son réseau de parcs. En tout, plus de 148 000 km² bénéficient d'une protection. Le tableau 7.5 présente les types, le nombre et la superficie des parcs, des aires d'aménagement de la faune et des zones sauvages. Traditionnellement créés pour offrir des activités de plein air, la plupart des réseaux provinciaux comprennent maintenant des parcs dont les objectifs prioritaires sont la conservation de la nature et le maintien des conditions naturelles. La chasse ou les activités commerciales d'extraction sont interdites dans certains parcs (catégorie II de l'UICN); d'autres parcs sont administrés comme aires à usages multiples (catégories IV et V de l'UICN). Le tableau 7.6 illustre les activités commerciales d'extraction des ressources dans les réseaux de parcs du Canada.

La superficie des parcs provinciaux où est interdite toute activité commerciale d'extraction des ressources s'est accrue de 23 306 km² (14 %) depuis 1985. De grands parcs naturels ont été créés à Terre-Neuve, en Saskatchewan et au Manitoba, et le réseau de l'Ontario s'est accru de 155 parcs et de 40 % en superficie depuis 1983.

Les aires d'aménagement de la faune

Les aires d'aménagement de la faune et les aires à usages multiples sont regroupées dans une même catégorie et correspondent généralement à la catégorie IV de l'UICN. La chasse récréative et l'exploitation commerciale des ressources sur une base durable y sont habituellement des activités importantes. Ces aires couvrent plus de 160 000 km², aussi bien dans les provinces que dans les deux territoires. Pour la plupart situées sur des terres domaniales, elles offrent ou mettent en valeur des habitats pour la sauvagine et autre gibier à plume ou à poil. Les stratégies de gestion varient considérablement, allant de la protection rigoureuse des écosystèmes (catégories I ou II de l'UICN) à la modification sensible des habitats pour améliorer la production d'une espèce désirable (catégorie IV de l'UICN). La chasse réglementée y est souvent permise et, dans certains cas, on y autorise des activités commerciales ou récréatives.

Le Service canadien de la faune administre deux réseaux d'aires fédérales pour la gestion des espèces sauvages : les refuges d'oiseaux migrateurs et les réserves nationales de faune. Combinés, ceux-ci protègent une superficie aussi vaste que celle des parcs nationaux et représentent une composante très importante du réseau des aires protégées du Canada (tableau 7.7).

En 1990, il existait 98 refuges fédéraux d'oiseaux migrateurs couvrant une superficie de 112 622 km² (figure 7.3). Deux nouveaux sites ont été récemment ajoutés au réseau, portant le nombre des refuges à 100 en juillet 1991. Le refuge d'oiseaux du golfe Reine-Maud, dans les Territoires du Nord-Ouest, est la plus grande aire protégée du Canada : il couvre plus de 62 000 km². La chasse des oiseaux migrateurs et la cueillette des œufs ou des nids y sont interdites.

TABLEAU 7.4

Parcs nationaux, 1990

Région naturelle	Nom du parc	Province/Territoire	Superficie (km²)[a]
Parcs terrestres			
1	Réserve de parc national Pacific Rim[b]	C.-B.	500[c]
	Réserve de parc national Moresby-Sud	C.-B.	1 470[c]
4	Parc national des Glaciers	C.-B.	1 349
	Parc national du Mont-Revelstoke	C.-B.	260
5	Parc national Banff	Alb.	6 641
	Parc national Yoho	C.-B.	1 313
	Parc national Kootenay	C.-B.	1 406
	Parc national Jasper	Alb.	10 878
	Parc national des Lacs-Waterton	Alb.	505
6	Réserve de parc national Kluane	Yukon	22 015
8	Réserve de parc national Nahanni	T.N.-O.	4 766
9	Parc national Nord-du-Yukon	Yukon	10 168
11	Parc national Wood Buffalo (partie)	T.N.-O./Alb.	44 807
12	Parc national Wood Buffalo (partie)	—	—
	Parc national de Prince-Albert	Sask.	3 875
	Parc national Elk Island	Alb.	194
	Parc national du Mont-Riding	Man.	2 976
13	Parc national des Prairies	Sask.	906[c]
18	Parc national Pukaskwa	Ont.	1 878[c]
19	Parc national des Îles-du-St-Laurent	Ont.	6
	Parc national de la Mauricie	Qué.	544
	Parc national des Îles-de-la-Baie-Georgienne	Ont.	25
26	Réserve de parc national Auyuittuq[d]	T.N.-O.	21 471
29	Parc national des Îles-de-la-Baie-Georgienne (partie)	Ont.	—
	Parc national de la Péninsule-Bruce	Ont.	266[c]
	Parc national de la Pointe-Pelée	Ont.	16
	Réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan	Qué.	151
30	Parc national Forillon[d]	Qué.	240
31	Parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton	N.-É.	951
	Parc national Fundy	N.-B.	206
32	Parc national Kouchibouguac[d]	N.-B.	239
	Parc national de l'Île-du-Prince-Édouard	Î.-P.-É.	26
33	Parc national Kejimkujik	N.-É.	384
34	Parc national du Gros-Morne	T.-N.	1 943[c]
35	Parc national Terra-Nova	T.-N.	399
39	Réserve de parc national de l'Île-d'Ellesmere[d]	T.N.-O.	37 775
Total			**180 549**
Parcs marins			
Baie Georgienne	Parc marin national Fathom Five	Ont.	130
Plateau occidental de l'Île de Vancouver	Parc national Pacific Rim, composante maritime	C.-B.	155
Îles Reine-Charlotte ouest	Moresby-Sud/Gwaii Haanas[e]	C.-B.	non définie
Estuaire du fleuve St-Laurent	Saguenay	Qué.	non définie
Total			**285**

[a] Arrondi au kilomètre carré le plus proche.

[b] Les réserves de parcs nationaux sont établies en vertu de la *Loi sur les parcs nationaux*, mais les limites et les règlements dépendent de la résolution finale des revendications territoriales des autochtones.

[c] Territoires auxquels ne s'applique pas encore la *Loi sur les parcs nationaux*.

[d] Ces parcs ont des limites maritimes qui englobent 3 856 km² d'habitats marins.

[e] Des accords sur ces parcs existent, mais ils n'ont pas encore été établis définitivement.

Remarques : Nombre de parcs nationaux : 34
Nombre de parcs marins : 2
% de la superficie totale du Canada : 1,8 %
Voir la figure 7.4 pour l'emplacement des régions naturelles.

Source : Environnement Canada, 1990.

Le gouvernement fédéral n'est pas toujours propriétaire des refuges d'oiseaux migrateurs; avec le consentement des propriétaires, des terres privées peuvent être désignées refuges par décret. Cette classification peut être abrogée si les propriétaires retirent leur consentement ou si un site perd sa valeur pour les oiseaux migrateurs.

Les réserves nationales de faune sont des aires protégées relativement récentes, dont la désignation se fait par décret en vertu de la *Loi sur la faune du Canada* (1973). Selon les cas, on y permet le pâturage, l'agriculture ou d'autres utilisations. La plupart des 45 réserves nationales de faune sont réduites et protègent l'habitat de la sauvagine dans la partie sud du Canada (tableau 7.7 et figure 7.3). En tout, elles couvrent 3 054 km², bien que certaines puissent chevaucher des refuges d'oiseaux migrateurs.

Deux réserves nationales de faune importantes sont la réserve de Polar Bear Pass sur l'île de Bathurst et la réserve de Vaseux-Bighorn en Colombie-Britannique. La réserve de Polar Bear Pass (2 620 km²) est protégée contre toute activité d'extraction aux termes de la *Loi sur la faune du Canada*. Elle est jumelée à une réserve écologique d'Irlande en raison de la migration des bernaches entre ces deux sites.

Le refuge faunique Thelon, dans les Territoires du Nord-Ouest, est l'une des plus grandes zones protégées du Canada (55 000 km²). Constituée en 1927 pour protéger le bœuf musqué principalement, elle est administrée conjointement par les gouvernements fédéral et territorial. En 1972, un décret y a interdit les activités commerciales, la chasse et le piégeage ainsi que toute modification de l'habitat. Après une étude publique poussée, le Comité consultatif de la conservation de la Politique minière dans le Nord (Canada) recommandait en 1990 qu'aucune exploitation ne soit entreprise dans la réserve.

Les paysages protégés

Dans les parties habitées du Canada, les interactions de l'être humain et du milieu naturel ont parfois donné nais-

TABLEAU 7.8

Parcs provinciaux et territoriaux, aires d'aménagement de la faune et zones sauvages, 1991

Province/territoire	Parcs		Aires d'aménagement de la faune		Zones sauvages	
	Nombre	Superficie[a] (km²)	Nombre	Superficie[a] (km²)	Nombre	Superficie[a] (km²)
Colombie-Britannique	387	52 506	10	247	1	1 315
Alberta	193[b]	1 417	8	680	8	5 607
Saskatchewan	227	11 560	1 662	15 372	—	—
Manitoba	60	14 318	72	31 833	1	4 065
Ontario	261	63 619	45	9 240	37	618
Québec	16	4 194	16	[illegible]	—	—
Nouveau-Brunswick	48	235	19	[illegible]	—	—
Nouvelle-Écosse	117	111	26	1 417	—	—
Île-du-Prince-Édouard	42	35	8	33	—	—
Terre-Neuve/Labrador	75	246	1	618	2	3 965
Yukon	1	114	2	5 918	—	—
Territoires du Nord-Ouest	44	130	3	26 464	—	—
Total	**1 471**	**148 485**	**1 872**	**162 041**	**49**	**15 570**

[a] Arrondi au kilomètre carré le plus proche.
[b] Y compris 132 aires récréatives.
Source : Fonds mondial pour la nature Canada, 1991.

sance à de magnifiques paysages. La formule des paysages protégés est destinée à préserver les boisés et les fermes, les villages côtiers et les promontoires naturels, les champs de blé et les vallées fluviales qui forment une partie distincte du patrimoine naturel et culturel du Canada. Bien que ces paysages ne soient pas automatiquement à l'abri des abus, ils englobent souvent des réserves écologiques ou d'autres étendues qui, elles, sont protégées rigoureusement. La formule peut combiner des aires protégées gouvernementales et privées, des lignes directrices d'utilisation des terres pour l'aménagement à l'extérieur des espaces protégés, des programmes d'acquisition de terres, des programmes de communication avec les propriétaires et toute une gamme de stimulants fiscaux pour promouvoir la protection des boisés et des bâtiments à valeur patrimoniale.

La désignation de paysages protégés progresse lentement au Canada. Pourtant, devant les pressions exercées par le développement, de remarquables paysages vont disparaître s'ils ne sont pas protégés. L'escarpement du Niagara, qui s'étend sur 1 900 km² et comprend plus de 100 parcs, est le plus bel exemple de grand paysage protégé au Canada. Avec l'adoption de la *Loi sur la planification et l'aménagement de l'escarpement du Niagara* en 1973, l'Ontario a mis en œuvre un processus de planification et créé une commission pour assurer la protection de cette région. Le plan de gestion vise à établir un équilibre entre le développement, la préservation et les activités récréatives.

En Ontario, la voie navigable Rideau/Trent-Severn, longue de 680 km, est un exemple de paysage culturel protégé. Le couloir de la rivière Rouge au Manitoba et le sentier Mackenzie en Colombie-Britannique sont des exemples d'aires protégées comprenant des éléments de paysages protégés.

Les sites du patrimoine culturel

Au fil de l'évolution des programmes de zones protégées, l'intérêt pour les liens entre les origines naturelles et historiques du Canada s'est accru. Il n'existe aucun endroit sur Terre qui n'ait ressenti l'impact de la société humaine. Tout comme il est important de protéger des systèmes naturels de l'intrusion humaine, il est tout aussi essentiel de reconnaître et de souligner le rôle de la société et son évolution. Les gouvernements ont désigné ou acquis plus de 7 800 sites du patrimoine canadien en vue de leur protection provisoire ou à long terme (Carter, 1990). Le tableau 7.8 présente un sommaire de ces sites, par compétence.

Il est essentiel de comprendre le passé pour planifier la protection des sites du patrimoine culturel; cette compréhension peut également contribuer à la protection d'écosystèmes naturels. Comme les sites du patrimoine culturel sont souvent axés sur des thèmes étroitement liés au milieu naturel — l'histoire des peuples autochtones, l'exploitation des ressources, la traite des fourrures —, ils peuvent permettre de protéger des ressources naturelles en plus de nous aider à comprendre les sources historiques des conditions environnementales actuelles.

Les forces de la nature ont marqué et modelé l'histoire humaine du Canada, depuis l'arrivée des premiers habitants il y a plus de 10 000 ans jusqu'à nos jours. Certaines rivières du patrimoine canadien et le premier parc marin du Canada ont été désignés non seulement pour protéger le patrimoine naturel mais également à cause de leur importance culturelle. Notre histoire a été marquée par des luttes épiques contre la nature. Les sites culturels peuvent donc aussi célébrer notre capacité à modifier le milieu naturel. Bien entendu, nombre de sites commémorent simplement des événements et des réalisations historiques, qui ont peu de rapport, sinon aucun, avec le milieu naturel.

Il existe certaines différences clés entre la protection des aires du patrimoine naturel et celle des sites du patrimoine culturel. Ainsi, nous protégeons les aires naturelles pour permettre à des processus naturels essentiels de se poursuivre, mais les efforts visant la

TABLEAU 7.6

Comparaison des politiques d'extraction des ressources et d'utilisation des terres dans les réseaux de parcs canadiens, 1989

Activité	Compétence												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Activités forestières													
Exploitation commerciale	I	G	G	G	A	I	I	A	G	—	I	—	—
Bois de chauffage, etc.	I	I	I	A	A	I	I	I	A	I	I	—	—
Gestion des pêches													
Pêche sportive	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pêche commerciale	I	I	I	A	A	*	I	I	I	—	I	—	—
Récolte de poissons-appâts	I	I	I	—	A	A	I	—	I	—	I	—	—
Pisciculture	I	I	I	I	I	—	I	I	I	—	I	—	—
Activités minières													
Sable et gravier	I	A	G	A	A	I	I	G	A	A	I	—	—
Autres	I	A	I	A	A	I	I	I	I	I	I	—	—
Piégeage	I	*	*	A	A	*	I	I	I	I	I	A	—
Chasse	I	A	G	A	A	A	I	I	A	I	I	A	A
Récolte de riz sauvage	I	—	A	*	A	*	I	—	—	—	—	—	—
Chalets	A	*	A	A	A	*	I	—	I	—	I	—	—
Développement commercial													
Services généraux	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	—	—
Chalets et camps éloignés	A	A	I	A	A	A	I	I	I	—	I	—	—
Ouvrages de régularisation des eaux	A	—	A	A	A	A	I	A	A	A	A	—	—
Services publics et transport													
Corridors	A	A	A	A	A	A	I	A	A	A	A	—	—
Agriculture													
Culture	I	I	G	I	G	G	G	A	A	G	I	—	—
Fenaison/pâturage	I	G	G	G	A	G	G	A	A	A	I	—	—
Circulation mécanisée													
Hors-route	A	A	I	A	A	A	I	A	I	I	I	A	A
Embarcations à moteur	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	—	—

Clé : A activités autorisées d'une façon générale ou dans certaines catégories/zones de parcs
G activités permises seulement à des fins de gestion des parcs
* élimination graduelle
I activités interdites
— sans objet

1 Canada
2 Colombie-Britannique
3 Alberta
4 Saskatchewan
5 Manitoba
6 Ontario
7 Québec
8 Nouveau-Brunswick
9 Nouvelle-Écosse
10 Île-du-Prince-Édouard
11 Terre-Neuve
12 Yukon
13 Territoires du Nord-Ouest

Source : Watkins (1989).

TABLEAU 7.7

Réserves fauniques gérées par le gouvernement fédéral, 1990

Réserves fauniques	Nombre	Superficie (km^2)
Refuges d'oiseaux migrateurs	98	112 622
Réserves nationales de faune	45	3 054
Total	**143**	**115 676[a]**

[a] La somme des superficies des refuges d'oiseaux migrateurs et des réserves nationales de faune ne donne pas une idée exacte de la superficie protégée, car il y a parfois chevauchement entre les refuges et les réserves.

Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

protection et l'interprétation des lieux historiques peuvent entraîner des modifications destinées à stabiliser, à maintenir ou même à restaurer des sites. Bien que certains aspects physiques des lieux soient effectivement protégés, le degré d'intervention peut être élevé.

Les dépôts acides, la négligence et des méthodes inadéquates de planification peuvent menacer les sites aussi bien naturels que culturels. La nature peut également représenter une menace pour les lieux culturels : l'érosion peut emporter des vestiges archéologiques, des tremblements de terre et des glissements de terrain peuvent mettre des sites en péril et la végétation incontrôlée peut les faire disparaître. En pareils cas, une intervention peut être nécessaire pour préserver l'intégrité d'un site du patrimoine culturel.

La préservation de la plupart de nos édifices historiques est liée à leur utilité contemporaine. La réglementation provinciale sur le patrimoine, qui touche la gestion provinciale et municipale du milieu bâti, met l'accent sur la protection du caractère historique des édifices ou des secteurs dans le contexte de la vie contemporaine. Le but est de préserver la continuité et un sentiment d'appartenance.

Au palier fédéral, les lieux d'importance historique nationale sont désignés par le ministre de l'Environnement en vertu de la *Loi sur les lieux et monuments historiques*. Cette loi ne protège que les sites relevant de l'autorité du ministre. Plus de 100 lieux désignés font actuellement partie de cette catégorie. Des centaines d'autres relèvent de divers organismes gouvernementaux ou demeurent propriété privée. La protection des lieux qui ne relèvent pas de la compétence du gouvernement fédéral est de ressort provincial ou municipal.

Le ministre fédéral de l'Environnement est également habilité par la *Loi sur la protection des gares ferroviaires patrimoniales* à désigner des propriétés administrées par les compagnies ferroviaires relevant du gouvernement fédéral et à accorder une protection aux gares désignées.

En 1982, le gouvernement fédéral a adopté la Politique sur les édifices fédéraux du patrimoine pour veiller à ce que le gouvernement lui-même respecte les valeurs patrimoniales des propriétés dont il a la charge. Tous les

ministères (mais non les sociétés d'État) doivent soumettre les édifices de plus de 40 ans à un examen coordonné par le Bureau d'examen des édifices fédéraux du patrimoine. Les édifices ayant une valeur patrimoniale peuvent alors être désignés comme « classés » ou « reconnus ». Les responsables d'édifices « classés » ne peuvent modifier ceux-ci, les démolir ou les aliéner sans en référer au Bureau d'examen; les responsables d'édifices « reconnus » doivent soumettre à ce même Bureau toute proposition de démolition ou d'aliénation.

Comme les propriétés qui ne sont pas de compétence fédérale sont du ressort des provinces, ce sont celles-ci qui peuvent le mieux protéger les propriétés culturelles. Toutes les provinces ont adopté des lois sur le patrimoine offrant divers niveaux de protection aux propriétés culturelles. De plus, la plupart ont élaboré des programmes pour gérer leurs lieux historiques les plus importants.

La définition du patrimoine commun retenue récemment dans divers programmes et études est très large : elle englobe les milieux naturels et bâtis, les paysages ruraux et les activités culturelles et économiques. On encourage une large participation du public pour déterminer ce qu'une communauté désire protéger et ce, en vue d'établir des lignes directrices pour planifier l'utilisation des terres et l'aménagement foncier. Le projet Community Pride du gouvernement de la Colombie-Britannique, les programmes Rues principales et Régions de patrimoine de la Fondation canadienne pour la protection du patrimoine, de même que le Comité de révision de la politique du patrimoine ontarien du gouvernement de l'Ontario illustrent cette orientation.

Bien que nombre de lois et de programmes protègent les propriétés culturelles, ils varient d'une compétence à l'autre. Il n'existe pas de normes communes ni d'inventaire unique et complet des propriétés culturelles. Il est donc pratiquement impossible d'analyser la protection accordée à ces propriétés, d'autant plus que la recherche dans ce domaine est insuffisante. Les éléments requis pour évaluer la protection du patrimoine culturel au Canada ne sont pas en place. Des efforts systématiques sont requis pour inventorier et classifier les sites culturels, pour élaborer des lois et des programmes aux paliers fédéral, provincial et municipal et pour cerner les menaces provenant des tendances culturelles, des facteurs économiques et des influences environnementales. Pour les gouvernements, les organismes bénévoles et le secteur privé, le défi des années 1990 consiste à agir de concert pour protéger et maintenir les sites culturels importants et, s'il y a lieu, à mettre l'accent sur les liens entre ces sites et le milieu naturel.

FIGURE 7.3

Réserves fauniques gérées par le gouvernement fédéral

Source : Base nationale de données sur les aires de conservation. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

Il existe cependant des fondations sur lesquelles on peut bâtir. À la fin de 1990, des intervenants de tous les échelons intéressés au patrimoine culturel ont participé à une conférence tenue à Edmonton sous l'égide des ministres fédéraux des Communications et de l'Environnement. Il en est ressorti des projets d'élaboration d'une stratégie fédérale commune sur le patrimoine. Il existe aussi certains instruments de base. Le Musée canadien des civilisations possède un répertoire des sites archéologiques qui, à l'heure actuelle, sert surtout aux universitaires, mais qui pourrait servir à une étude sur la protection de ces sites. Le Service canadien des parcs possède un inventaire des bâtiments historiques du Canada; il s'agit d'un fichier informatisé de près de 200 000 bâtiments construits avant 1914. Des inventaires similaires existent à d'autres paliers. Il reste à coordonner cette information sous une forme ou une autre.

D'un point de vue national, l'élaboration des programmes de protection du patrimoine ne fait que débuter. C'est cependant une étape essentielle si nous voulons gérer notre milieu de vie d'une manière intégrée à partir d'une vision

commune. Le fonctionnement et la survie des aires protégées dépendent en grande partie de notre succès dans la gestion du milieu qui les entoure.

Les sites désignés

Certains programmes au Canada permettent de désigner des sites importants sans nécessairement leur accorder une protection officielle (quoique, souvent, celle-ci soit assurée par l'entremise d'autres programmes ou initiatives). Par exemple, le Réseau des rivières du patrimoine canadien a été mis sur pied en 1984 par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux; ce programme coopératif vise à reconnaître à l'échelon national les rivières canadiennes d'importance et à promouvoir leur gestion à long terme de façon à en préserver les valeurs naturelles, historiques et récréatives. Même si la désignation d'une rivière du patrimoine ne confère pas de protection légale particulière à la région en question, cette mesure est souvent renforcée par l'attribution d'un statut de parc provincial. L'Ontario, le Manitoba et Terre-Neuve, par exemple, ont créé des parcs de préservation de voies navigables pour protéger des rivières exceptionnelles. Ces parcs ne renferment pas tous nécessairement de telles rivières et celles-ci ne se trouvent pas nécessairement dans ces parcs. À l'heure actuelle, le Réseau compte treize rivières désignées et six autres ont été mises en candidature. Ensemble, elles forment un habitat riverain d'environ 4 114 km (N. Coomber, Service canadien des parcs, communication personnelle).

Les programmes internationaux relatifs aux zones protégées au Canada

Des organismes internationaux de conservation procèdent à certaines désignations pour souligner et promouvoir la conservation de zones d'importance internationale. C'est ainsi que plusieurs sites naturels et culturels du Canada ont été reconnus dans le cadre

TABLEAU 7.8

Sommaire, par compétence, des sites connus et protégés du patrimoine culturel, 1990

Compétence	Droit de propriété	Enregistrement/ désignation	Entente ou autre règlement
Terre-Neuve			
Sites historiques provinciaux	(aussi)	19	
Sites historiques enregistrés		4	
Structures patrimoniales enregistrées		35	
Sites du patrimoine municipal de St-Jean			2 sites
Administration par un organisme local du patrimoine	10+		53 édifices
Île-du-Prince-Édouard			
Fondation du patrimoine de l'Î.-P.-É.	3		
Site de préservation historique de Charlottetown			308 édifices/ 1 aire
Administration par un organisme local du patrimoine	5+		
Nouvelle-Écosse			
Sites historiques provinciaux	20		
Lieux spéciaux			3
Commissions spéciales			1 village
Propriétés provinciales enregistrées		115	
Propriétés municipales enregistrées		600+	
Propriété d'un organisme local du patrimoine	34		
Nouveau-Brunswick			
Sites historiques provinciaux protégés	(certains)	22	
Sites municipaux du patrimoine			3 aires
Administration par un organisme local du patrimoine	18		
Québec			
Propriétés culturelles classées		494	
Propriétés culturelles reconnues		86	
Districts du patrimoine		9	
Citation municipale		46	
Sites municipaux		7	
Administrés comme installations du patrimoine culturel	69	(+17 inclus ci-dessus)	
Ontario			
Propriétés de la Fédération du patrimoine de l'Ontario	28	(aussi)	
Fondation du patrimoine de l'Ontario – servitudes		134	
Désignation de patrimoine municipal		2 500+	
Districts de conservation des biens culturels		20	
Parcs provinciaux	19		(aussi)
Sites touristiques et récréatifs	8+		(aussi)
Offices de protection de la nature	15+		(aussi)
Organismes locaux de patrimoine	166		
Manitoba			
Parcs historiques provinciaux	4	(+5 inclus ci-dessous)	
Sites du patrimoine provincial		51	
Sites du patrimoine municipal		44	
Structures du patrimoine de Winnipeg			150 édifices
Administration par un organisme local du patrimoine	48+	(+4 inclus ci-dessus)	
Parc provinciaux	18		(aussi)

(suite à la page suivante)

TABLEAU 7.8 (SUITE)

Compétence	Droit de propriété	Enregistrement/ désignation	Entente ou autre règlement
Saskatchewan			
Sites historiques provinciaux	(aussi)	8	
Parcs historiques provinciaux	9		(aussi)
Propriétés du patrimoine provinciales		30	
Propriétés du patrimoine municipales		497	
Administration par un organisme local du patrimoine	108	(+35 inclus ci-dessus)	
Parcs provinciaux	33+		(aussi)
Alberta			
Sites historiques provinciaux	(aussi)	15	
Sites désignés par la province		164	
Ressources historiques enregistrées		107	
Ressources historiques municipales		3+	
Administration par un organisme local du patrimoine	53+		
Parcs provinciaux	8		(aussi)
Colombie-Britannique			
Sites désignés par la province	(certains)	62	
Propriétés du B.C. Heritage Trust	2	(aussi)	
Édifices désignés du patrimoine municipal		507	
Zones du patrimoine municipal			22
Parcs historiques provinciaux	6	(+1 aussi)	(4 aussi)
Parcs provinciaux	100		(aussi)
Administration par le gouvernement local et des organismes du patrimoine	179	(+6 inclus ci-dessus)	
Yukon			
Parcs historiques territoriaux	1		
Lieu historique de Dawson			1 site
Administration par un organisme local du patrimoine	2		200 édifices
Territoires du Nord-Ouest			
Sites historiques territoriaux	5	(aussi)	
Sites du patrimoine territorial	3		
Organisme local du patrimoine	6		
Canada			
Lieux historiques nationaux	113	(aussi)	
Sites patrimoniaux			2
Édifices du patrimoine fédéral classés	(aussi)	90	
Édifices du patrimoine fédéral enregistrés	(aussi)	368	
Ressources totales protégées	**1093 +**	**6037 +**	**746 = 7876***

* Bien que ce chiffre puisse être utile, c'est la première fois qu'une telle liste est établie. Des lacunes sont donc possibles. Les « ressources » mentionnées sont de qualité très inégale. Certaines installations mentionnées comme une seule unité sont en réalité multiples. Par exemple, les 18 parcs à la rubrique Parcs provinciaux du Manitoba regroupent plus de 719 sites individuels. Il en va de même pour les sites historiques et municipaux.

Remarques : Les ressources culturelles dans l'environnement sont listées par compétence et, au sein de chaque compétence, sous une rubrique qui correspond le plus possible à la désignation qui y est utilisée.

Quand des sites sont protégés de plus d'une façon (désignation et droit de propriété), l'inscription a été faite sous la rubrique offrant le plus de protection, et un « (aussi) » indique la catégorie secondaire. Cette méthode a été utilisée afin de maintenir une représentation équilibrée du nombre de sites, chaque site étant ainsi compté une seule fois.

Le sens du terme « désigné » utilisé ici est très variable. Aux fins du présent tableau, toute ressource qui, aux termes de la loi, doit faire l'objet d'une seconde évaluation — c.-à-d. une évaluation postérieure à l'examen environnemental initial — est considérée comme « protégée », même si, comme c'est le cas du programme des édifices du patrimoine enregistrés de la Saskatchewan, sa reconnaissance n'est pas enregistrée en regard du titre qui lui accorde une protection à long terme ou, comme pour les ressources historiques enregistrées de l'Alberta, il n'y a pas un délai de plus de 90 jours rattaché à la seconde évaluation. Par contre, seulement 22 des 38 sites historiques du Nouveau-Brunswick ont été inscrits, étant donné qu'un processus de seconde évaluation existe ou que le ministre a le pouvoir d'intervenir dans les activités en cours. Pour ce qui est des 16 autres sites, seuls ont été inclus dans le tableau ceux appartenant à des organismes conscients de leur valeur patrimoniale (c.-à-d. sous la rubrique des sites administrés par des organismes locaux du patrimoine). Étant donné que les lieux historiques provinciaux ne sont pas tous protégés, seuls ceux faisant l'objet d'une protection en vertu d'une désignation ou d'un droit de propriété ont été inclus.

Source : Carter, 1990.

de programmes internationaux comme la Convention du patrimoine mondial, le Programme de l'homme et de la biosphère, la Convention de Ramsar et le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental (tableau 7.9).

La Convention du patrimoine mondial

Adoptée en 1972 par l'Assemblée générale de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et signée par 115 États, la Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel reconnaît l'obligation pour toutes les nations de protéger les aires qui, de par leur valeur exceptionnelle, font partie du patrimoine commun de l'humanité. L'Alliance mondiale pour la nature dispense des conseils techniques touchant les aires naturelles et le Conseil international des monuments et des sites fait de même à l'égard des sites culturels.

La désignation d'un lieu comme site du patrimoine mondial ne confère pas à ce lieu un statut spécial selon la loi, mais sa protection à long terme doit être garantie au préalable. Comme pour d'autres désignations internationales, la protection officielle d'un tel site incombe au pays où il se trouve. Dans des cas particuliers, le Comité du patrimoine mondial fournit une aide financière et technique limitée.

Jusqu'à maintenant, 338 sites du patrimoine mondial (245 sites culturels, 80 sites naturels et 14 sites d'importance culturelle et naturelle) ont été désignés dans 71 nations; il y en a dix au Canada, soit deux de plus qu'en 1985 (voir le tableau 7.9).

Le Programme sur l'homme et la biosphère

Dans le sillon du Programme biologique international, la Conférence générale de l'UNESCO lançait au début des années 1970 un programme écologique international sur le thème de l'homme et la biosphère; un de ses objectifs à

TABLEAU 7.9

Sites du patrimoine reconnus à l'échelle internationale, 1990

Désignation internationale	Sites
Sites du patrimoine mondial	**Sites naturels** • Parc national du Gros-Morne, Terre-Neuve • Réserve de parc national Kluane, Yukon • Parc national Wood Buffalo, Alberta et Territoires du Nord-Ouest • Parcs des Rocheuses (parcs nationaux Banff, Jasper, Kootenay et Yoho et parcs provinciaux Mont-Assiniboine, Mont-Robson et Humber), Alberta et Colombie-Britannique • Parc provincial Dinosaur, Alberta • Réserve de parc national Nahanni, Territoires du Nord-Ouest **Sites culturels** • Île Anthony, Colombie-Britannique • Head Smashed-In Buffalo Jump, Alberta • Lieu historique national de l'Anse aux Meadows, Terre-Neuve • Arrondissement historique de Québec, Québec
Réserves de la biosphère	• Lacs-Waterton, Alberta • Mont Riding, Manitoba • Long-Point, Ontario • Escarpement du Niagara, Ontario • Mont Saint-Hilaire, Québec • Charlevoix, Québec
Sites Ramsar	• Estuaire Grand Codroy, Terre-Neuve • Baie Malpèque, Île-du-Prince-Édouard • Chignecto, Nouvelle-Écosse • Partie extérieure de l'estuaire de Musquodoboit Harbour, Nouvelle-Écosse • Baie sud du bassin Minas, Nouvelle-Écosse • Mary's Point, Nouveau-Brunswick • Baie de Shepody, Nouveau-Brunswick • Cap Tourmente, Québec • Baie de l'Isle-Verte, Québec • Lac Saint-François, Québec • Long-Point, Ontario • St. Clair, Ontario • Parc provincial Polar Bear, Ontario • Sud de la baie James, Ontario • Parc national de la Pointe-Pelée, Ontario • Delta Marsh, Manitoba • Réserve faunique d'Oak-Hammock Marsh, Manitoba • Lac Last Mountain, Saskatchewan • Lacs Quill, Saskatchewan • Aire d'été de la grue blanche d'Amérique, Alberta et Territoires du Nord-Ouest • Delta des rivières de la Paix et Athabasca, Alberta • Lacs Hay-Zama, Alberta • Lac Beaverhill, Alberta • Polar Bear Pass, Territoires du Nord-Ouest • Golfe Reine-Maud, Territoires du Nord-Ouest • Basses terres de Rasmussen, Territoires du Nord-Ouest • Rivière McConnell, Territoires du Nord-Ouest • Refuge d'oiseaux migrateurs de Dewey Soper, Territoires du Nord-Ouest • Alaksen, Colombie-Britannique • Old Crow Flats, Yukon
Réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental	• Baie de Shepody, Nouveau-Brunswick • Bassin Minas, Nouvelle-Écosse

long terme consiste à mettre en place un réseau international de réserves de la biosphère qui représenteront les grands écosystèmes du monde et différents schèmes permettant à l'être humain d'exploiter ces systèmes et de s'y adapter.

Les réserves de la biosphère sont choisies en fonction de leur représentativité de provinces biogéographiques particulières. Chacune comporte une étendue de terres protégées relativement intactes ainsi que des aires qui montrent comment ces terres sont gérées pour satisfaire les besoins de l'être humain. Bien que la conservation des caractéristiques représentatives soit l'un des principaux objectifs visés, la recherche et la surveillance de l'environnement le sont au même titre. Les études comparatives des zones protégées et exploitées contribuent à améliorer les pratiques de gestion des ressources, à restaurer les aires dégradées et à étayer les changements provoqués par les activités humaines.

Le Canada compte actuellement six réserves de la biosphère (tableau 7.9), soit quatre de plus qu'en 1985. Cependant, il existe de sérieuses lacunes dans le réseau canadien. On a recommandé la création de neuf autres réserves au Canada, dont cinq dans le Nord, pour améliorer la couverture des provinces biogéographiques du monde (Commission canadienne de l'UNESCO, 1987).

La Convention de Ramsar

Élaborée en 1971 à Ramsar, en Iran, la Convention relative aux zones humides d'importance internationale reconnaît la valeur des milieux humides en tant qu'aires d'intérêt biologique mondial. En juin 1990, la Convention avait désigné 488 sites. On en trouve 30 au Canada, qui forment collectivement un habitat de 130 000 km^2, la plus vaste superficie de sites Ramsar du monde, ce qui n'est guère étonnant puisque le Canada renferme 24 % des milieux humides du globe. Même si la désignation n'offre en soi aucune protection légale, la plupart des milieux humides sont protégés par les lois fédérales ou provinciales existantes.

Le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental

Le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental est un programme coopératif qui a été mis en œuvre par des organismes gouvernementaux et privés afin de reconnaître et de protéger les aires de repos essentielles pour les oiseaux de rivage migrateurs. Deux bras de la baie de Fundy — la baie de Shepody et le bassin Minas — ont été désignés au Canada et jumelés à des sites du Surinam, en Amérique du Sud, à cause de leur importance pour le bécasseau semipalmé (voir le chapitre 20).

L'INTÉGRITÉ ÉCOLOGIQUE DES ZONES NATURELLES PROTÉGÉES

La délimitation d'un territoire n'en assure pas pour autant la protection à long terme, quel que soit son statut. Cette protection dépend de la viabilité originelle de l'unité sélectionnée, de la qualité de la gestion pour en perpétuer les valeurs de conservation et de la compatibilité de l'utilisation des terres adjacentes. L'intégrité écologique d'une aire naturelle détermine sa capacité de résister aux agressions internes et externes. Le terme implique qu'une aire comprend des écosystèmes autonomes et autorégulateurs, avec leur complément d'espèces, leur propre chaîne alimentaire ainsi que des processus écologiques naturels.

Après plus d'un siècle de gestion des aires protégées, arrivons-nous à maintenir efficacement l'intégrité écologique des parcs, réserves et autres sites naturels? À vrai dire, nous l'ignorons. Mais certains indices inquiétants nous portent à conclure que les choses ne sont plus ce qu'elles étaient.

La plupart sinon la totalité des écosystèmes des aires protégées ont été sensiblement transformés par les activités humaines. Ainsi, dans le minuscule parc national de la Pointe-Pelée, 43 % des espèces végétales sont exotiques, c'est-à-dire qu'elles y ont été introduites (Environnement Canada, 1987). Les espèces exotiques abondent également dans d'autres parcs nationaux et provinciaux. Certaines ont été introduites par accident et un grand nombre d'autres, intentionnellement. Les plantes ornementales ont enjolivé les jardins des résidences du personnel et diverses espèces de gibier exotiques ont été introduites pour améliorer la qualité de la chasse et de la pêche. Ces espèces rivalisent avec le biote pour leur habitat, perturbant ainsi l'écosystème originel.

Il n'existe aucune analyse globale de la santé écologique des aires naturelles protégées au Canada et il faut remédier à cette lacune. Une étude effectuée en 1980 sur les menaces auxquelles sont exposés les parcs nationaux aux États-Unis a montré la valeur d'une telle formule pour apporter les correctifs voulus (National Parks Service, 1980).

La plupart des aires naturelles protégées du Canada sont trop réduites pour maintenir leur diversité biologique dans un monde en rapide mutation. Une étude des parcs de l'ouest de l'Amérique du Nord a révélé que seuls les quatre parcs de montagne contigus (Banff, Jasper, Yoho et Kootenay) n'avaient pas encore perdu d'espèces (Newmark, 1987). Les mammifères qui s'approprient de vastes territoires, comme le grizzli, le caribou et le loup, ont des besoins critiques en matière d'habitat, que même ces quatre parcs ne peuvent satisfaire pleinement (Dueck, 1990).

Les aires naturelles protégées se transforment en îlots biogéographiques, leur intégrité étant compromise du fait de l'empiétement résultant d'activités commerciales comme l'exploitation forestière, pétrolière et minière, l'agriculture, les barrages hydroélectriques et les procédés industriels à leurs limites. Le parc national Kejimkujik en Nouvelle-Écosse et le parc sauvage de la région de Temagami en Ontario ont été portés sur la liste des zones sauvages menacées de l'Alliance pour la conservation de la nature en raison des effets des dépôts acides (Kejimkujik) et de l'impact potentiel des activités forestières prévues (Temagami) (H. Eidsvik, communication personnelle).

Le changement climatique mondial influera inévitablement sur les aires protégées, ce qui mènera au dépérissement des forêts et à la migration des espèces. Il n'est pas exclu que les habitats soient altérés au point que les parcs et les réserves ne renfermeront plus les écosystèmes qu'ils étaient initialement destinés à protéger. Ces effets risquent d'être le plus durement sentis dans des régions fragiles comme le parc national de Prince-Albert, qui forme la zone de transition entre la forêt boréale et la prairie (voir le chapitre 22).

Certaines aires protégées, notamment les parcs nationaux et provinciaux, doivent à la fois protéger les écosystèmes et offrir des activités récréatives aux visiteurs. Le défi consiste à maintenir l'intégrité écologique tout en satisfaisant à ces deux objectifs.

Ces dernières années, le tourisme s'est accru dans la plupart des parcs nationaux. Par exemple, les quatre parcs de montagne susmentionnés accueillent environ 10 millions de visiteurs par année. Leur « réserve naturelle » est traversée par une autoroute à quatre voies et par deux voies ferrées transcontinentales. Quatre petites villes, situées à l'intérieur de leurs limites, peuvent héberger environ 15 000 visiteurs. Et les pressions se font de plus en plus fortes en vue d'augmenter le nombre d'hôtels, d'installations de ski alpin, de centres de conférence et de condominiums.

Même si les équipements récréatifs sont concentrés sur une petite portion de ces parcs, il reste qu'ils influent sur l'intégrité écologique de ces derniers. La majorité des structures d'accueil se trouvent dans des vallées fluviales, les habitats naturels les plus productifs. Les stations de ski sont construites dans des prés alpins fragiles. Les impacts écologiques des équipements récréatifs ne se limitent pas à la simple présence de ces dernières; l'environnement doit également assimiler les déchets résultant de l'augmentation rapide du nombre de visiteurs. En fait, l'impact des visiteurs est le problème de gestion des ressources naturelles le plus souvent mentionné dans le cas des parcs nationaux (Irvine, 1988).

Grâce à des interventions complémentaires, on peut remédier dans une assez large mesure aux effets d'une surutilisation et d'une planification déficiente. Les sentiers peuvent être recouverts d'un revêtement dur, on peut clôturer certains secteurs et l'accès peut être restreint ou canalisé. Autour du lac Louise, dans le parc national Banff, le revêtement dur des sentiers a peut-être diminué la qualité du contact avec la nature pour certains; par contre, le nombre des visiteurs a pu augmenter sensiblement sans que les ressources ne se dégradent au-delà du niveau établi dans les objectifs de conception du site. Au lac O'Hara, dans le parc national Yoho, le milieu fragile a continué de se détériorer malgré le nombre plus restreint de visiteurs. Dans ce cas, la solution a consisté à limiter l'accès, à réaménager certaines infrastructures — comme le terrain de camping — loin des prés vulnérables et à entreprendre d'importants programmes de restauration dans les aires endommagées.

Les gestionnaires des zones protégées doivent s'assurer que les activités des visiteurs sont appropriées, que le nombre de visiteurs n'est pas trop élevé et que les écosystèmes conservent leur intégrité. Certaines formes d'utilisation des terres peuvent avoir des effets écologiques néfastes, tout particulièrement si la classification des aires protégées permet des activités d'extraction qui perturbent sensiblement l'habitat. Par exemple, l'exploitation forestière réglementée est autorisée dans de grandes portions du parc provincial Algonquin, tandis que seuls de petits secteurs font l'objet d'une protection rigoureuse. L'impact à long terme sur les valeurs du parc est incertain, mais on craint que l'intégrité écologique de celui-ci ne soit menacée par la transformation industrielle de peuplements forestiers.

Le zonage est un autre mécanisme permettant de maintenir la fréquentation à un niveau acceptable sur le plan de la protection des ressources. Le Service canadien des parcs utilise un système de zonage comportant cinq zones, allant de la préservation aux activités récréatives. Dans le parc national Banff, presque toutes les activités de développement sont limitées à 1 % du parc, et 97 % de la superficie du parc s'étend dans la réserve sauvage. Mais des critiques du zonage de Banff soutiennent que les réserves sauvages ne protègent pas toujours les habitats les plus vulnérables (Bailey, 1990).

Les restrictions budgétaires ont contraint les organismes de gestion des aires protégées à concevoir des moyens innovateurs pour s'acquitter de leur mandat, comme des programmes de bénévolat, des associations coopératives et des accords avec d'autres organismes gouvernementaux et des universités sur la recherche dans les zones protégées ou à leur profit. Cette façon de procéder a accéléré l'intégration des parcs à l'échelle des régions et des communautés locales et aidé à dissiper la vieille mentalité de forteresse rattachée aux zones protégées, considérées jusque-là comme des enclaves indépendantes complètement isolées des terres adjacentes.

Certains autres facteurs peuvent aussi être déterminants pour le maintien à long terme de l'intégrité écologique d'une aire protégée. Les limites des parcs établies par voie législative et, en particulier, par décret peuvent facilement changer en fonction du climat politique. Par exemple, le parc national des Lacs-Waterton a été réduit de moitié en 1921 afin de satisfaire aux exigences territoriales de la province. Trois petits parcs des Prairies, créés expressément pour protéger l'antilope d'Amérique, sont disparus après le rétablissement de cette espèce. L'aire sauvage de Ghost en Alberta a déjà été trois fois plus vaste. Et la superficie du parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton a été réduite à deux reprises : une première fois pour permettre l'exploitation minière, une seconde en faveur d'aménagements hydroélectriques (Bailey, 1990; Nikiforuk, 1990).

Ces pressions internes et externes sur le milieu naturel des aires protégées ont de sérieuses répercussions sur la façon de gérer ces dernières. Non seulement les aires doivent être suffisamment grandes pour préserver la diversité écologique à long terme, mais il faut également une bonne planification dans les aires elles-mêmes et des programmes de gestion et de surveillance efficaces à l'extérieur de ces aires. De toute évidence, il faut davantage de programmes de gestion à long terme. Il faut aussi établir des stratégies régionales, accentuer la collaboration avec les organismes chargés d'administrer les terres à l'extérieur des aires protégées et mettre en place des zones tampons entre les aires protégées et les terres adjacentes non protégées (Bonnicksen, 1988).

Peu d'organismes canadiens de gestion des aires protégées ont instauré des programmes systématiques de surveillance du milieu. En outre, la plupart des programmes d'inventaire et de surveillance des aires protégées doivent être mis à jour. Jusqu'à maintenant, peu de recherches ont été effectuées pour vérifier si les aires protégées satisfont aux objectifs de conservation ou même pour déterminer la façon dont ce critère d'efficacité peut être mesuré.

Pour gérer et préserver efficacement les aires protégées et réussir à appliquer la notion de développement durable, nous devons connaître les écosystèmes naturels. Nous ne pouvons gérer ce que nous ne connaissons pas. L'insuffisance de nos connaissances fait partie des nombreuses menaces qui planent sur les aires protégées du Canada (Fritchard, 1989).

Plusieurs compétences ont pris des mesures précises pour accroître la capacité des aires protégées de maintenir les caractéristiques naturelles et les processus écologiques qui soutiennent les systèmes entretenant la vie. Par exemple, en 1988, le gouvernement de l'Ontario a interdit l'exploitation minière et la chasse récréative dans les parcs sauvages et les réserves naturelles de la province. Pour sa part, la Saskatchewan a interdit toute nouvelle exploitation minière dans ses parcs.

En 1988, le Parlement canadien a approuvé un certain nombre de modifications à la *Loi sur les parcs nationaux* pour permettre au Service canadien des parcs de mieux protéger les ressources des parcs nationaux. Aux termes de cette loi, le gouvernement doit dorénavant élaborer des plans de gestion pour chaque parc et faire du maintien de

l'intégrité écologique une priorité. Ces plans sont déposés au Parlement et revus tous les cinq ans, et les changements doivent être communiqués à la Chambre des communes. Parmi les autres modifications figurent une hausse très nette des amendes pour braconnage (jusqu'à 150 000 $), la possibilité de constituer des réserves sauvages par voie réglementaire et l'interdiction de construire de nouveaux corridors de transport de l'énergie à travers les parcs nationaux sans l'approbation du Parlement.

LE PARACHÈVEMENT DES RÉSEAUX D'AIRES PROTÉGÉES

Les terres sauvages ont été définies comme des aires d'au moins 10 km de diamètre où il n'existe ni routes ni établissements. Si l'on exclut l'Antarctique, près de 20 % des terres sauvages de la planète se trouvent au Canada (McCloskey et Spalding, 1989). Entre 65 % et 72 % de la superficie du Canada est à l'état naturel. Cela dit, depuis le milieu des années 1970, les terres sauvages au Canada ont diminué de 4 %, une superficie plus grande que tous les parcs nationaux canadiens réunis (Chipeniuk, 1990). Cette statistique peut ne pas sembler alarmante au premier abord, mais il faut se rappeler que cette réduction s'est opérée en large part le long de la lisière méridionale des grandes aires sauvages contiguës, soit le secteur le plus accessible aux Canadiens. Au cours de la dernière décennie, les aires sauvages ont reculé vers le nord de plus de 100 km depuis Montréal et Toronto et elles ont largement disparu dans les provinces maritimes, les Prairies et la partie méridionale de toutes les provinces.

Un peu partout dans le Nord canadien — que de nombreux Canadiens considèrent encore comme une vaste étendue sauvage inhabitée —, les projets d'utilisation des terres réduisent considérablement les options en matière de protection. Des accords de gestion forestière à long terme ayant trait à de grandes superficies de l'Alberta, du Québec et du Manitoba ainsi qu'à certaines portions du territoire de la Saskatchewan ont déjà été signés. Les projets d'aménagement hydroélectrique dans le bassin de la baie d'Hudson et de la baie James inonderont une superficie comparable à celle du lac Érié. En outre, de grandes parties des côtes est et ouest ont été cédées à bail pour l'aquiculture. Le règlement des revendications territoriales des autochtones au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest a d'importantes répercussions sur les décisions futures touchant les aires protégées. Même si les terres et les eaux ne sont pas exploitées dans l'immédiat, tous ces engagements limitent l'établissement d'aires protégées en tant que parties intégrantes de la planification de l'ensemble du paysage.

Dans plusieurs régions du Canada, il est déjà trop tard pour établir des écosystèmes naturels protégés. Seuls quelques vestiges de la forêt carolinienne du sud de l'Ontario subsistent; il en est de même des vastes prairies naturelles d'autrefois. Moins de 3 % de la forêt ombrophile de la côte ouest est restée intacte (Thompson, 1987). Et les forêts vierges acadiennes ont pratiquement disparu dans les provinces maritimes.

Aucun des divers réseaux canadiens d'aires protégées n'est complet. Pour préserver les écosystèmes en voie de disparition et atteindre l'objectif du Plan vert du Canada visant à protéger sur 12 % du territoire les échantillons représentatifs des espèces et des écosystèmes terrestres, les 13 grandes compétences responsables des aires protégées devront prendre des mesures énergiques.

Un bilan fondé sur le cadre des régions naturelles

La campagne Espaces en danger lancée en 1989 par le Fonds mondial pour la nature Canada et la Société pour la protection des parcs et des sites naturels du Canada a stimulé le parachèvement des plans visant les réseaux d'aires protégées. Plus de 200 000 Canadiens ont signé la Charte canadienne des sites naturels — l'énoncé de mission de la campagne — dans laquelle il est demandé aux gouvernements d'établir au moins une aire protégée représentative dans chaque région naturelle du Canada d'ici l'an 2000.

Un peu plus de la moitié de la portion terrestre du réseau des parcs nationaux est complétée puisque l'on trouve des parcs dans 21 des 39 régions naturelles. En revanche, seules 2 régions marines sur 29 ont un parc marin. Dans le Plan vert du Canada, le gouvernement fédéral s'est engagé à créer au moins cinq nouveaux parcs nationaux terrestres d'ici 1996 et à parachever le réseau d'ici l'an 2000. Le Service canadien des parcs estime qu'une fois complété, le réseau des parcs nationaux occupera entre 2,8 % et 3,4 % du territoire, comparativement à 1,8 % à l'heure actuelle.

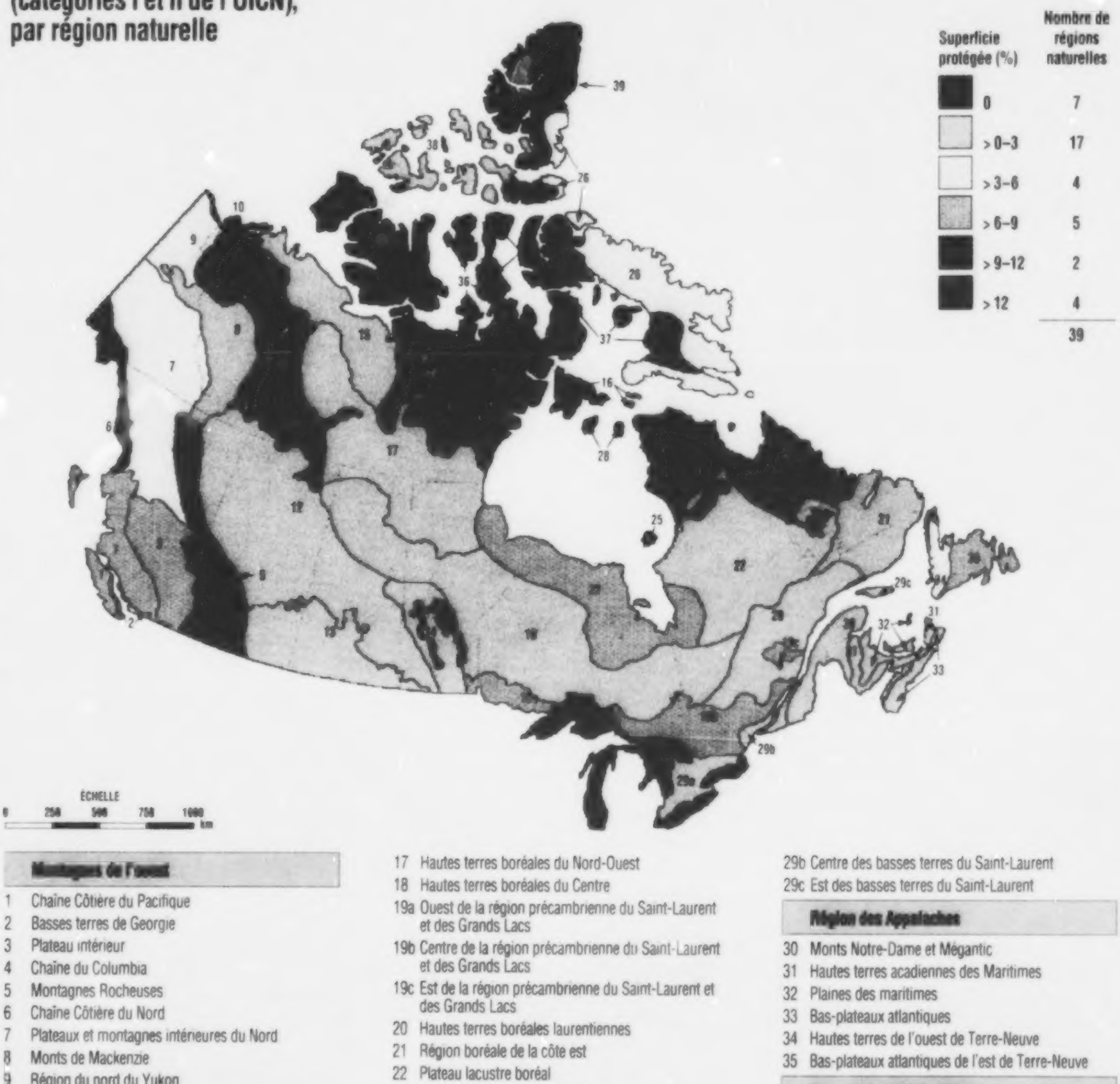
Des 18 régions terrestres qui n'ont pas de parcs nationaux, 6 renferment des parcs provinciaux et 5 autres, des refuges d'oiseaux ou des réserves de chasse; dans 4 autres, des emplacements possibles de parcs nationaux ont été repérés (Environnement Canada, 1990). En d'autres termes, 33 des 39 régions naturelles ont actuellement au moins un parc national ou une aire bénéficiant d'une protection équivalente, et des travaux préliminaires ont été menés en vue d'établir des aires protégées dans plusieurs des autres régions.

Toutefois, le nombre de parcs peut être trompeur si l'on ne tient pas compte de la dimension des aires protégées. Plusieurs régions naturelles sont en fait représentées par des zones protégées trop petites pour préserver un échantillon raisonnablement complet de la diversité écologique de la région.

Les figures 7.4 et 7.5 montrent la portion de territoire protégé dans chaque région naturelle. Les chiffres n'y sont donnés qu'à titre indicatif. L'objectif fixé dans le Plan vert du Canada est un point de référence utile; toutefois, tel qu'il est formulé, il n'équivaut pas nécessairement à protéger 12 % de chaque région naturelle, mais plutôt un échantillon représentatif de chaque région dans un réseau qui occupera 12 % de la superficie du Canada. Les dimensions des aires protégées restent

FIGURE 7.4

Espaces protégés au Canada (catégories I et II de l'UICN), par région naturelle



Montagnes de l'ouest

1 Chaîne Côtière du Pacifique
2 Basses terres de Georgie
3 Plateau intérieur
4 Chaîne du Columbia
5 Montagnes Rocheuses
6 Chaîne Côtière du Nord
7 Plateaux et montagnes intérieures du Nord
8 Monts de Mackenzie
9 Région du nord du Yukon

Plaines intérieures

10 Delta du Mackenzie
11 Plaines boréales du Nord
12 Plaines et plateaux boréaux du Sud
13 Prairies
14 Basses terres du Manitoba

Bouclier canadien

15 Collines de la toundra
16 Centre de la région de la toundra
17 Hautes terres boréales du Nord-Ouest
18 Hautes terres boréales du Centre
19a Ouest de la région précambrienne du Saint-Laurent et des Grands Lacs
19b Centre de la région précambrienne du Saint-Laurent et des Grands Lacs
19c Est de la région précambrienne du Saint-Laurent et des Grands Lacs
20 Hautes terres boréales laurentiennes
21 Région boréale de la côte est
22 Plateau lacustre boréal
23 Région de la rivière de la Baleine
24 Montagnes du nord du Labrador
25 Plateau de la toundra de l'Ungava
26 Nord de la région de Davis

Basses terres de la Baie d'Hudson

27 Basses terres d'Hudson et de James
28 Plaine de Southampton

Basses terres du Saint-Laurent

29a Ouest des basses terres du Saint-Laurent
29b Centre des basses terres du Saint-Laurent
29c Est des basses terres du Saint-Laurent

Région des Appalaches

30 Monts Notre-Dame et Mégantic
31 Hautes terres acadiennes des Maritimes
32 Plaines des maritimes
33 Bas-plateaux atlantiques
34 Hautes terres de l'ouest de Terre-Neuve
35 Bas-plateaux atlantiques de l'est de Terre-Neuve

Basses terres de l'Arctique

36 Ouest des basses terres de l'Arctique
37 Est des basses terres de l'Arctique

Îles du Haut-Arctique

38 Ouest de l'Extrême-Arctique
39 Est de la région des glaciers de l'Extrême-Arctique

Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

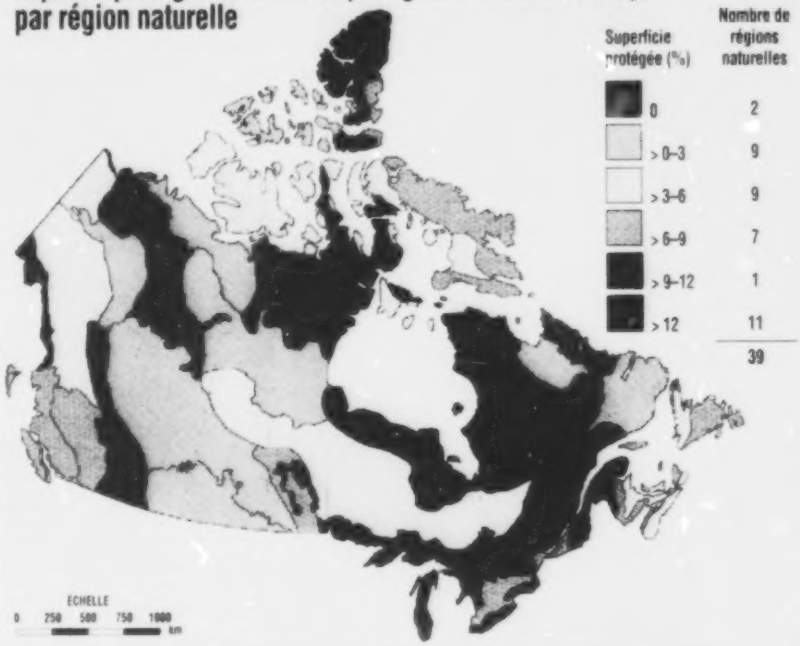
néanmoins une considération importante, comme il a été souligné dans le présent chapitre.

Les figures 7.4 et 7.5 illustrent les progrès réalisés par les gouvernements dans la réalisation de cet objectif. La figure 7.4 (catégories I et II de l'UICN) ne comprend que les zones bénéficiant d'une protection comparable ou supérieure à celle des parcs nationaux. La figure 7.5 (catégories I à V de l'UICN) ajoute à ces zones les aires moins rigoureusement protégées dans lesquelles l'aménagement des habitats et l'extraction des ressources peuvent être autorisés. Dans les deux cas, les sites désignés mais non protégés légalement ne sont pas inclus; ils comprennent des portions de paysages et de sites protégés sans vocation de conservation (la plupart sont de taille réduite) comme des débarcadères, des aires de pique-nique et des édifices du patrimoine. Par contre, les portions de ces catégories classées comme parcs ou comme réserves sont incluses. Les données sur les terres dont la conservation est assurée par des groupes privés ne figurent pas sur les cartes.

On ne trouve aucune aire des catégories I et II de l'UICN dans 7 des 39 régions naturelles du Canada; dans 17 autres, la superficie bénéficiant d'une protection rigoureuse varie de 0 % à 3 %. Ces 24 régions représentent environ les deux tiers de la superficie du Canada. Dans quatre régions seulement, plus de 12 % de la superficie bénéficie d'une protection rigoureuse (figure 7.4). Lorsque l'on considère tous les sites des catégories I à V de l'UICN, le tableau est un peu plus encourageant; dans 11 régions naturelles — qui occupent près du tiers du pays —, plus de 12 % du territoire bénéficie d'une forme quelconque de protection. Par contre, dans 20 régions — qui s'étendent sur plus de la moitié du Canada —, moins de 6 % de la superficie est occupée par des parcs, des réserves ou d'autres aires protégées (figure 7.5). Même si toutes les catégories de territoires protégés contribuent à la réalisation des objectifs environnementaux, il faut plus de zones

FIGURE 7.5

Espaces protégés au Canada (catégories I–V de l'UICN), par région naturelle



Remarque : Prière de consulter la figure 7.4 pour les noms des régions naturelles.

Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

protégées rigoureusement pour les fins de la recherche et le maintien de la pleine diversité des espèces.

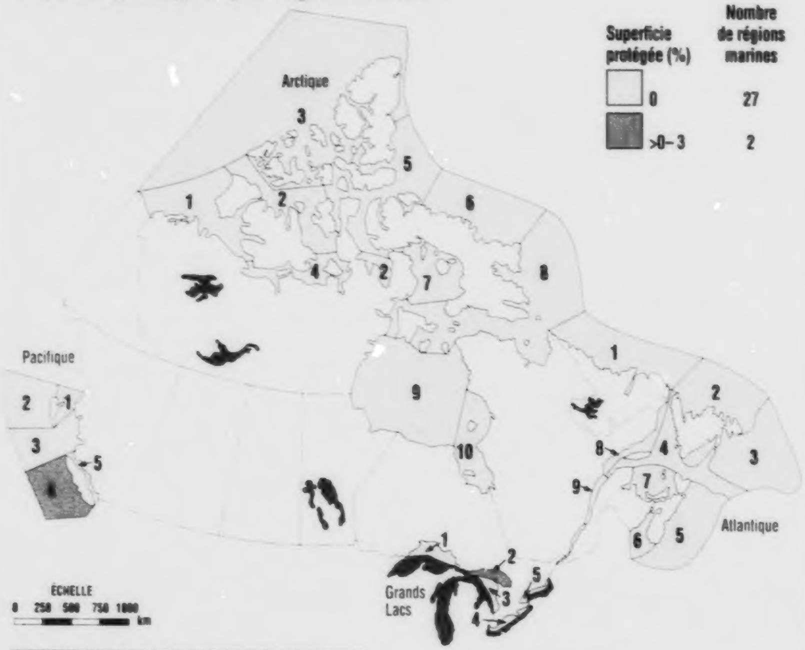
Enfin, les figures 7.4 et 7.5 font clairement ressortir les lacunes importantes dans le réseau des zones protégées, où il faut agir d'urgence. Même en incluant les zones moins rigoureusement protégées, certaines régions restent sérieusement sous-représentées.

Les régions marines

Le Canada possède le plus long littoral (244 000 km) de tous les pays du monde. Pourtant, la protection de nos écosystèmes marins accuse un sérieux retard par rapport à celle de nos aires terrestres. Seulement deux régions marines du Service canadien des parcs sont représentées par des parcs fédéraux : la baie Georgienne et le plateau de l'ouest de l'île de Vancouver. Les 27 autres régions ne bénéficient actuellement d'aucune protection dans le cadre du réseau des parcs nationaux (figure 7.6). On a récemment négocié des accords de création de deux autres parcs : le parc marin du Saguenay, au confluent du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent, et une aire marine protégée de 3 000 km² en association avec la réserve de parc national Moresby-Sud/Gwaii Haanas. Deux autres parcs ont été proposés : un dans la partie sud de la baie de Fundy (West Isles), et l'autre dans le détroit de Lancaster. Ce dernier projet a été mis en veilleuse après que les résidants de l'endroit eurent fait part de leurs préoccupations au sujet de l'exploitation des ressources. Plusieurs parcs nationaux côtiers (Île-d'Ellesmere, Pacific Rim, Auyuittuq, Forillon et Kouchibouguac) ont des composantes marines qui, combinées, totalisent plus de 4 000 km². Dans le Plan vert du Canada, le gouvernement fédéral s'est engagé à créer trois parcs marins nationaux d'ici 1996 (y compris ceux de Moresby-Sud et du Saguenay) et trois autres d'ici l'an 2000.

FIGURE 7.6

Espaces protégés, par région marine



Océan Pacifique	
1	Détroit d'Hécate
2	Îles Reine-Charlotte ouest
3	Détroit de la Reine-Charlotte
4	Plateau occidental de l'île de Vancouver
5	Détroit de Géorgie

Grands Lacs	
1	Lac Supérieur
2	Baie Georgienne
3	Lac Huron
4	Lac Érié
5	Lac Ontario

Océan Atlantique	
1	Plateau septentrional du Labrador
2	Plateau méridional du Labrador
3	Grands Bancs
4	Dépression laurentienne
5	Plateau continental de Scotian
6	Baie de Fundy
7	Bancs de la Madeleine
8	Plateau septentrional du golfe
9	Estuaire du fleuve Saint-Laurent

Océan Arctique	
1	Mer de Beaufort
2	Détroit de Melville
3	Nord de l'Arctique
4	Golfe Reine-Maud
5	Détroit de Lancaster
6	Plateau oriental de l'île Baffin
7	Bassin de Foxe
8	Détroits de Davis et d'Hudson
9	Baie d'Hudson
10	Baie James

Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

La création de zones marines protégées n'est pas chose simple. Plusieurs compétences se partagent la responsabilité des ressources marines et il n'existe que peu de lois habilitantes en matière de protection (Lien, 1989). Les parcs marins nationaux sont reconnus aux termes de la *Loi sur les parcs nationaux*, qui a récemment été révisée. Des aires marines protégées ont également été créées en vertu de la *Loi sur la faune du Canada* et de lois provinciales sur les réserves écologiques. Elles ne sont pas incluses dans la figure 7.6.

Le Bouclier canadien et les basses terres de l'Arctique

Selon le cadre utilisé par le Service canadien des parcs, le Bouclier canadien et les basses terres de l'Arctique sont subdivisés en 14 régions naturelles. Sauf dans deux cas, moins de 3 % de la superficie est protégée (figure 7.4). Ces régions des Territoires du Nord-Ouest, du Manitoba, du Québec et du Labrador sont parmi les plus vulnérables et les moins protégées du Canada. Néanmoins, d'importants changements se produisent au fur et à mesure de l'exploitation des ressources pétrolières, minières, hydroélectriques et autres et du règlement des revendications territoriales des autochtones. Les options en vue de l'établissement d'aires protégées dans le Nord s'amenuisent, et il faut agir rapidement pour mettre en place un réseau global d'aires de ce type.

Des 136 « aires spéciales du Nord » désignées en 1982 par Environnement Canada comme devant être protégées (Environnement Canada, 1982), très peu ont fait l'objet de mesures particulières. Une seule réserve nationale de faune, celle de Polar Bear Pass, et 16 refuges d'oiseaux migrateurs ont été aménagés au nord de 60° de latitude N. Le Service canadien de la faune a reconnu plus de 80 sites dans le Nord, principalement aux fins de la protection de la sauvagine et des oiseaux de mer; 19 d'entre eux ont été choisis pour devenir des refuges d'oiseaux migrateurs. L'île du Prince-Léopold sera vraisemblablement la prochaine zone protégée. Bon nombre d'aires d'importance cruciale pour les espèces fauniques marines et terrestres autres que les oiseaux ont été recensées. Leur protection exige la collaboration de diverses compétences.

Les communautés locales et les gouvernements territoriaux s'occupent de déterminer quelles aires naturelles et quelles caractéristiques culturelles devraient être intégrées à un réseau d'aires protégées. Un plan comportant un important volet de zones protégées a été élaboré pour la région du détroit de Lancaster; un autre, qui en est à sa version provisoire, vise la région du delta du Mackenzie et de la mer de Beaufort.

Les négociations entre les autochtones et le gouvernement fédéral relatives au règlement des revendications territoriales en sont à des stades divers. Dans chaque cas, l'entente décrit les termes

du règlement ainsi que le processus d'établissement et de gestion des parcs nationaux et des zones protégées à l'intérieur du territoire revendiqué. Pour ce qui est de l'entente avec la fédération des Tungavik de Nunavut dans l'est de l'Arctique, le gouvernement fédéral s'est engagé à créer au moins trois parcs nationaux dans les trois ans suivant l'approbation de l'entente par le Parlement.

La disparition des terres sauvages est le plus rapide dans les régions forestières boréales du fait des opérations massives de coupe (voir le chapitre 26). Au rythme actuel, de vastes aires sauvages contiguës auront disparu dans les 20 prochaines années. Il y a peu de grandes aires protégées dans les forêts boréales canadiennes à valeur commerciale.

Les prairies naturelles

Au cours des 100 dernières années, la région des Prairies est passée d'une aire naturelle à la flore et la faune variées à une des régions les plus modifiées du monde. Plus de 99 % des prairies d'herbes hautes, 82 % des prairies d'herbes courtes, 90 % des prairies de fétuques et 76 % des prairies mixtes et des prairies-parcs ont été converties à des fins agricoles (Fonds mondial pour la nature Canada, 1989). Il n'est donc pas étonnant que plusieurs des espèces animales menacées et en voie de disparition viennent de cette région, dont moins de 3 % de la superficie est protégée (figure 7.5). C'est aux bases militaires de Suffield et de Wainwright que l'on trouve les plus beaux exemples d'habitats des prairies relativement peu perturbés.

Le parc national des Prairies, en voie d'établissement, protégera 906 km^2 de prairies dans le sud de la Saskatchewan. Il illustre la tendance du gouvernement fédéral à partager la responsabilité de la conservation avec d'autres gouvernements et le public. La Saskatchewan conserve son droit de propriété sur les cours d'eau du parc et administrera ceux-ci selon les normes régissant les parcs nationaux. La Fédération canadienne de la nature et la Société canadienne pour la conservation de la nature ont mis en place le Grasslands Trust Fund afin de recueillir des dons destinés à l'achat de terres à préserver.

Pour protéger les prairies, le Fonds mondial pour la nature Canada a élaboré un plan de conservation qui a notamment pour objectif de créer des zones protégées représentant chacun des quatre écosystèmes de prairies (Fonds mondial pour la nature Canada, 1989).

Les basses terres du Saint-Laurent

Moins de 3 % de la région naturelle des basses terres du Saint-Laurent — qui comprend le sud de l'Ontario et les derniers vestiges de la forêt carolinienne en voie de disparition — bénéficie d'une protection rigoureuse (figure 7.4). La région a été convertie en grande partie à des fins urbaines ou agricoles. Le parc national de la Pointe-Pelée, partie carolinienne de la sous-région occidentale, est l'un des plus petits parcs nationaux du Canada; d'une superficie d'à peine 16 km^2, il est essentiellement constitué de marais et de flèches de sable. Les aires protégées provinciales ne représentent pas tous les écosystèmes de la région et sont également trop petites pour que leur intégrité écologique soit maintenue.

C'est dans cette région que des organismes privés sans but lucratif ont le plus influé sur la protection des aires naturelles qui restent. Plusieurs sites, dont celui de Mandaumin Woods, ont tout simplement été achetés par des groupes sans but lucratif. Le meilleur peuplement mûr de forêt carolinienne qui reste au Canada, Backus Woods, est administré par la Long Point Region Conservation Authority grâce à l'aide financière de la Fondation du patrimoine de l'Ontario et à la contribution de groupes locaux de naturalistes au plan de gestion. De son côté, le gouvernement ontarien a pris des mesures pour protéger la vallée de la rivière Rouge, un important site carolinien à l'est de Toronto.

Un bilan fondé sur le cadre des écorégions

Les figures 7.7 et 7.8 utilisent les mêmes données que les figures 7.4 et 7.5 respectivement, mais se fondent sur le cadre des écorégions du Système canadien de classification écologique du territoire. Les chiffres font ressortir, au niveau du réseau, des tendances et des lacunes semblables à celles caractérisant les régions naturelles, mais à une échelle plus détaillée. La figure 7.7 montre que 67 écorégions (sur 177) n'ont aucune zone bénéficiant d'une protection rigoureuse; dans 138 écorégions (plus des trois quarts du Canada), moins de 3 % du territoire est rigoureusement protégé. Cette proportion n'est supérieure à 12 % que dans 22 écorégions. Lorsque l'on considère tous les sites bénéficiant d'un niveau quelconque de protection (figure 7.8), on constate que, dans 41 écorégions (environ un cinquième du pays), plus de 12 % de la superficie est protégée, tandis que dans 97 écorégions, cette proportion est de moins de 3 %.

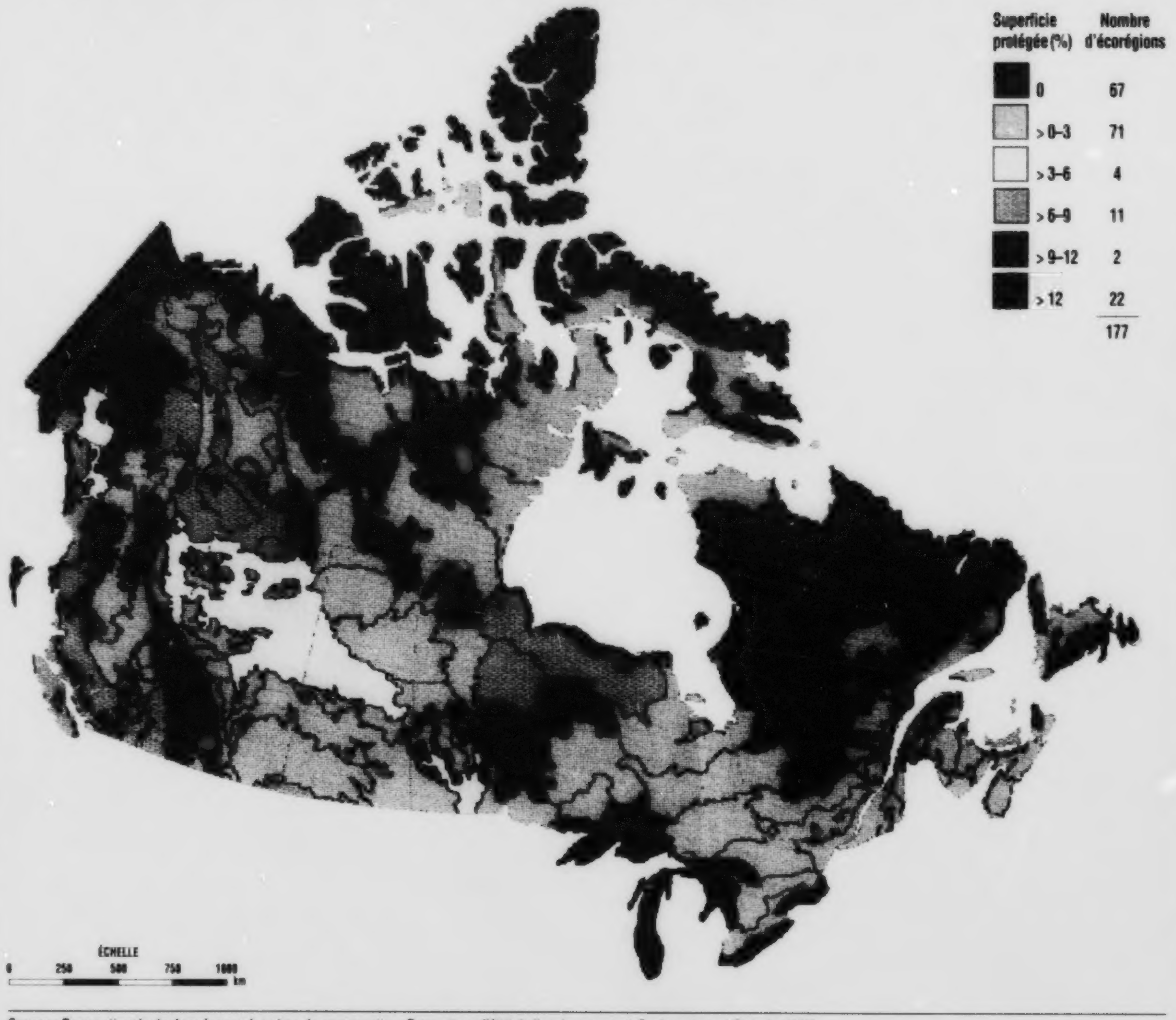
Le cadre des écorégions, tout comme celui des régions naturelles, montre que les plus grandes lacunes du réseau des aires protégées se trouvent dans les régions boréale, de la toundra, des prairies et du Bas-Arctique. Les différences entre les deux cadres viennent des dimensions des régions écologiques. Si l'on prend le cadre des régions naturelles, par exemple, la région de la chaîne Côtière du Pacifique comprend la réserve de parc national Moresby-Sud/Gwaii Haanas. La région naturelle se trouve ainsi dans la catégorie de protection de 9 à 12 % (figure 7.4). Avec l'autre cadre, la même région comprend tout ou partie de 11 unités différentes. L'écorégion de l'île Moresby-Sud se trouve dans la catégorie >12 %, la superficie protégée dans les autres écorégions variant de 0 % à >12 % (figure 7.7).

Les réseaux provinciaux

Pour que le réseau d'aires protégées représentatives couvre 12 % du Canada, il faut que les provinces et les territoires prennent les mesures voulues. Le tableau 7.10 montre leurs progrès. L'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan et le Yukon se sont engagés à compléter leurs réseaux d'aires protégées d'ici l'an 2000. Sept provinces et un territoire ont cartographié leurs régions naturelles, et six

FIGURE 7.7

Espaces protégés au Canada (catégories I et II de l'UICN), par écorégion



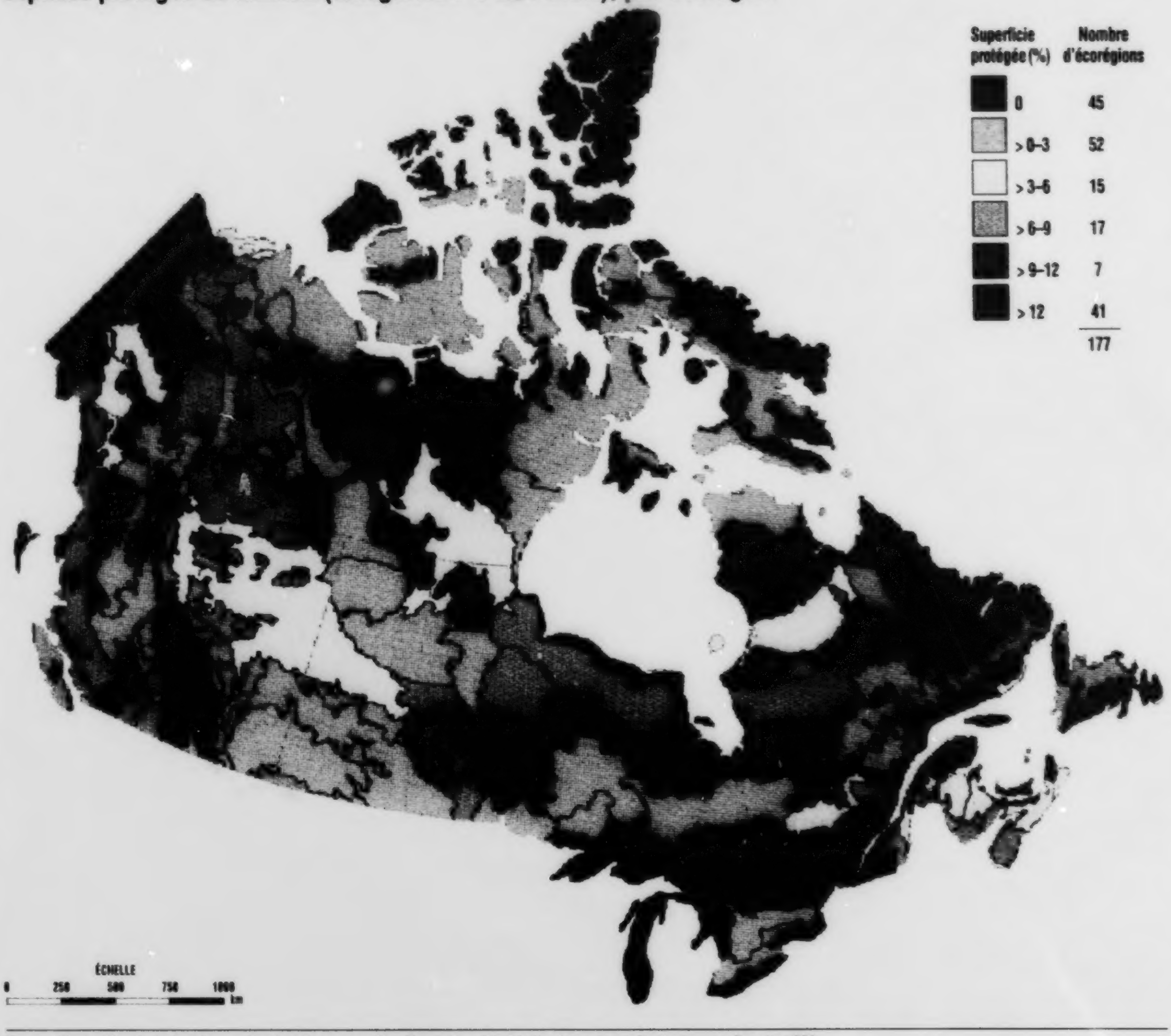
Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

ont établi des objectifs de représentation. Terre-Neuve, l'Île-du-Prince-Édouard, le Nouveau-Brunswick et les Territoires du Nord-Ouest n'ont pas encore cartographié leurs régions naturelles ni fixé d'objectifs concernant les réseaux d'aires protégées. Des 256 régions naturelles déterminées par les provinces et le Yukon à ce jour, 99 sont actuellement représentées (Fonds mondial pour la nature Canada, 1990).

La croissance du réseau des parcs de l'Ontario (qui compte aujourd'hui 261 parcs) a été un des faits marquants dans l'expansion des réseaux au Canada. Ces dernières années, le réseau des parcs provinciaux de l'Ontario a été parachevé pour l'essentiel en ce qui a trait à la représentation de la diversité biophysique de la province. Malgré la lente croissance de la plupart des réseaux de parcs provinciaux durant la plus grande partie de la dernière décennie, plusieurs provinces entendent réorienter leurs réseaux de parcs provinciaux de façon à mieux représenter et protéger la diversité biologique et physique de leur territoire. En dépit des progrès réalisés, nombre d'aires provinciales protégées sont très petites. Par exemple, bien que l'Alberta compte 61 parcs provinciaux, 45 d'entre eux s'étendent sur moins de 10 km^2 et seulement 2, sur plus de 100 km^2 (Bailey, 1990).

FIGURE 7.8

Espaces protégés au Canada (catégories I–V de l'UICN), par écorégion



Source : Base nationale de données sur les aires de conservation, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, 1991.

Malgré l'importance globale des milieux sauvages, peu de compétences ont un mandat législatif pour protéger les aires naturelles. Terre-Neuve, l'Ontario, l'Alberta et la Colombie-Britannique ont adopté des lois sur la protection des milieux sauvages. Le nombre de sites et la superficie totale protégée par ces provinces s'établissent ainsi : Terre-Neuve, 2 sites et 3 965 km^2; Ontario, 37 sites et 618 km^2; Alberta, 4 sites et 5 607 km^2; Colombie-Britannique, 1 site et 1 315 km^2 (Hummel, 1989; Fonds mondial pour la nature Canada, 1990). En vertu du *Forest Act*, la Colombie-Britannique peut créer des aires naturelles, mais l'exploitation minière n'y est pas interdite. La *Loi sur la protection des régions sauvages* de l'Ontario permet l'exploitation des ressources dans les aires de plus de 2,6 km^2.

Le gouvernement fédéral, tous les gouvernements provinciaux et territoriaux et de nombreuses municipalités ont mis en place des cadres organisationnels pour gérer la protection des ressources du patrimoine culturel. Toutefois, les inventaires des ressources sont incomplets. Seules six des treize grandes compétences responsables de l'administration du patrimoine au Canada ont des plans de réseau pour évaluer l'équilibre dans la représentation des ressources (Carter, 1990).

[illegible] 7.1[illegible]

Progrès dans le parachèvement des réseaux d'aires protégées

Compétence	Régions naturelles cartographiées	Nombre de régions	Objectifs établis	Engagement à compléter le réseau d'ici l'an 2000	Nombre (%) de régions naturelles représentées en 1990
Terre-Neuve					
Île-du-Prince-Édouard		7			
Nouveau-Brunswick					
Nouvelle-Écosse	✓	9[a]			
Québec	✓	43	✓		10 (23)
Ontario	✓	65	✓	✓	32 (50)
Manitoba	✓	12	✓	✓	5 (42)
Saskatchewan	✓	31	✓	✓	21 (68)
Alberta	✓	17	✓		3 (18)
Colombie-Britannique	✓	59	✓		28 (47)
Yukon	✓	13		✓	
Territoires du Nord-Ouest					
Fédéral	✓	39	✓	✓	21 (54)

[a] 9 régions et 34 sous-régions naturelles.

Source : Fonds mondial pour la nature Canada, 1990; A. Hackman, Fonds mondial pour la nature Canada, communication personnelle.

Les autres régions d'intérêt prioritaire

Il importe de souligner que, si 12 % d'une région naturelle bénéficie d'une protection, toutes les caractéristiques importantes de la région ne sont pas nécessairement représentées adéquatement pour autant. Les données ne situent pas les aires protégées dans une région ni n'indiquent leur taille et les caractéristiques qu'elles représentent. Ces facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on évalue dans quelle mesure les réseaux d'aires protégées assurent une couverture complète. Les figures 7.4, 7.5, 7.7 et 7.8 n'indiquent pas toutes les aires qui nécessitent une attention immédiate. Certains types importants d'habitat comme les vieilles forêts, les milieux humides et les aires naturelles urbaines sont généralement sous-représentés à travers le Canada.

Les vieilles forêts

Au rythme actuel d'exploitation, on estime que les vieilles forêts de la côte de la Colombie-Britannique auront pratiquement disparu en 2008 (Young, 1988; Daniel, 1989). Aujourd'hui, 1 856 km^2 de forêts originelles sont protégées dans des réserves écologiques, des parcs provinciaux et les parcs nationaux en Colombie-Britannique; cette superficie représente, au total, environ 2,6 % des vieilles forêts originelles (Rœmer et collab., 1989). Les réserves des parcs nationaux Pacific Rim et Moresby-Sud/Gwaii Haanas sont les seuls endroits où les forêts ombrophiles vierges de la côte sont protégées au Canada. La plupart des vieilles forêts en bordure de la réserve de parc Pacific Rim sont destinées à la coupe rase; les peuplements des parcs seront ainsi réduits à d'étroites bandes de forêt. Cette situation met de nouveau en relief la question de la superficie des aires protégées et les problèmes possibles d'isolement biogéographique. Carmanah Creek, qui renferme les plus grands arbres du Canada, se trouve juste au-delà des limites de la réserve de parc Pacific Rim. On se prépare à créer un parc provincial dans une partie de cette région.

Environ 85 % de la Colombie-Britannique tombe sous la désignation de forêts provinciales. Le ministère des Forêts de la province est chargé de gérer les écosystèmes. La survie des forêts ombrophiles dépend de l'élaboration de politiques reconnaissant que les valeurs écologiques, spirituelles et récréatives inhérentes à l'existence d'écosystèmes intacts dans ces forêts peuvent surpasser leur valeur commerciale immédiate. Le Ministère a récemment présenté une nouvelle politique reconnaissant les zones sauvages dans les plans de gestion forestière. Ces aires peuvent être désignées par décret. Dans le cadre de la stratégie relative aux vieilles forêts de la Colombie-Britannique, un groupe de travail a été créé pour recenser les sites d'importance cruciale au sein d'un réseau d'aires protégées et en recommander la protection.

Bien que la perte des vieilles forêts soit particulièrement dramatique dans les forêts ombrophiles côtières, les forêts vierges sont menacées par l'exploitation partout au Canada (Thompson, 1987). On ne trouve presque plus de forêts originelles dans les provinces de l'Atlantique, et ce qu'il en reste disparaît rapidement. Des sept forêts vierges d'épinettes rouges choisies comme sites du Programme biologique international en 1974, il n'en subsistait qu'une seule en 1989. Cinq ont été coupées et une autre a été dévastée par une épidémie de tordeuses des bourgeons de l'épinette (R.Ogilvy, Nova Scotia Museum, communication personnelle). Seuls demeurent de minimes vestiges des forêts vierges d'érables et de bouleaux caractéristiques de la vallée du Saint-Laurent et du bassin hydrographique des Grands Lacs.

Les milieux humides

Les milieux humides occupent 14 % de la superficie du Canada (Groupe de travail national sur les terres humides, 1988). Ces milieux servent de systèmes naturels de purification et de régularisation des crues et constituent un habitat important pour la faune terrestre et aquatique, un refuge pour des espèces animales et végétales rares et une grande ressource récréative (voir le chapitre 26).

D'importants progrès ont été réalisés au Canada ces dernières années dans le domaine de la conservation des milieux humides. Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, signé en 1986

par le Canada et les États-Unis, prévoit la préservation de 15 000 km^2 de milieux humides dans les Prairies et le bassin des Grands Lacs d'ici l'an 2000. La plupart des provinces ont inventorié et classé ce qu'il leur reste de milieux humides, et certaines ont élaboré des politiques pour en protéger les exemples les plus précieux. Le projet de politique fédérale sur la conservation des milieux humides prévoit un certain nombre de stratégies, dont la mise en place d'un réseau de milieux humides protégés d'importance nationale, qui vise la conservation des milieux humides sur les terres fédérales et provinciales.

Les aires naturelles urbaines

Il reste beaucoup de travail à faire aux échelons régional et municipal pour élaborer des programmes de protection des aires naturelles d'importance dans les milieux urbains et ruraux. La notion de parcs linéaires (bandes de verdure et d'espaces verts), de corridors et de réseaux de petites aires naturelles qui, ensemble, répondent aux besoins de la faune et des êtres humains, mérite d'être explorée. La ceinture de verdure d'Ottawa en est un exemple. De même, on a proposé l'aménagement d'un sentier vert sur les bords du lac Ontario, entre Burlington et Newcastle. (Voir les chapitres 13 et 26 pour plus de détails sur les espaces verts urbains.)

LA PROTECTION DES AIRES NATURELLES ET CULTURELLES : DE NOUVELLES AVENUES

Comme les paliers gouvernementaux supérieurs ne peuvent espérer acquérir chaque aire et chaque site à protéger, il faut trouver de nouveaux moyens d'assurer la protection des aires naturelles et culturelles du Canada.

Le programme des aires d'intérêt naturel et scientifique de l'Ontario a été la première initiative canadienne visant à faire participer les propriétaires privés à la détermination et à la protection des aires naturelles. Ces aires servent essentiellement les mêmes fins que les réserves écologiques, mais elles ne sont que désignées et elles ne sont pas assurées d'une protection légale. Plus de 564 sites ont été désignés, 80 % d'entre eux se trouvant sur des terres privées. Grâce aux programmes de communication avec les propriétaires et à un programme de crédits fiscaux, on encourage la protection privée de ces sites.

Le programme ontarien de réduction des taxes foncières à des fins de conservation incite financièrement les propriétaires de milieux humides d'importance provinciale, d'aires d'intérêt naturel et scientifique et d'aires naturelles de l'escarpement du Niagara à s'engager à gérer ces espaces à long terme. Le dégrèvement peut s'élever jusqu'à 100 %. En 1989, 3 500 propriétaires possédant 440 km^2 de terres avaient été approuvés comme participants. D'autres stimulants financiers sont offerts par l'entremise de servitudes de conservation, de baux et d'ententes de gestion.

Des programmes similaires ont été mis en œuvre dans les Prairies. Des propriétaires acceptent volontairement de protéger des habitats naturels. Des enseignes, des prix, des baux et d'autres encouragements viennent souligner leur participation. En vertu du *Special Places Protection Act* de la Nouvelle-Écosse, des terres privées peuvent être désignées comme réserves naturelles avec la permission des propriétaires.

L'acquisition de propriétés à des fins de conservation prend de l'ampleur chez les groupes privés au Canada. Depuis sa création il y a plus de 25 ans, la Société canadienne pour la conservation de la nature a protégé plus de 300 km^2 d'aires naturelles à travers le Canada (Société canadienne pour la conservation de la nature, 1989). Le British Columbia Nature Trust, le Manitoba Habitat Trust et l'Island Nature Trust de l'Île-du-Prince-Édouard ont également permis l'acquisition de nombreuses propriétés privées et représentent une importante solution de rechange aux aires gouvernementales protégées.

Il y a une fiducie écologique dans toutes les provinces, sauf à Terre-Neuve et en Nouvelle-Écosse. La protection des terres dans les parties habitées du Canada devra compter de plus en plus sur les propriétaires privés et sur une collaboration accrue entre le gouvernement et le secteur privé. Les organismes gouvernementaux et privés devront promouvoir des programmes de gestion et offrir des incitations aux propriétaires privés et aux industriels pour les amener à conserver les sites naturels.

Des ententes semblables pourraient être négociées avec les utilisateurs industriels des terres domaniales dans les parties moins habitées du Canada, ou encore dans le cadre du règlement des revendications territoriales des autochtones. Chaque année, les projets d'exploitation forestière, minière et hydro- électrique de vastes aires naturelles se font plus pressants. Les moyens traditionnels d'acquisition des terres sont coûteux et lents. Bien que les nouvelles méthodes puissent ne pas accorder la même protection à long terme que celle dont jouissent les réserves écologiques établies par voie législative, elles n'en contribuent pas moins de façon importante à la mosaïque des aires protégées du Canada.

CONCLUSION

Le Canada s'est engagé à mettre en œuvre la notion de développement durable préconisée dans le rapport Brundtland. Le développement durable nécessite, entre autres mesures, l'établissement d'aires protégées représentatives de tous les paysages et de toutes les espèces du Canada. Pour que ces zones continuent de protéger des espèces et des écosystèmes représentatifs, il faut que leur intégrité fasse partie des objectifs de gestion prioritaires de tous les paliers de gouvernement.

Un examen des espaces protégés au Canada révèle que, si l'on tient uniquement compte des aires protégées rigoureusement, environ un quart de l'objectif de 12 % fixé dans le Plan vert du Canada a été atteint. Si toutes

les terres faisant l'objet de différents niveaux de conservation (catégories I à V de l'UICN) sont prises en considération, l'objectif a alors été réalisé à un peu plus de 50 %. Il reste beaucoup de travail à faire et la tâche se complique à mesure qu'un nombre de plus en plus grand de terres sont affectées à la foresterie, à l'agriculture, à l'exploitation minière, à des aménagements hydroélectriques et à l'expansion urbaine.

Bien que plusieurs compétences aient commencé à reconnaître une vaste gamme de menaces qui pèsent sur les zones protégées, la plupart ne possèdent tout simplement pas les données ou les ressources voulues pour évaluer adéquatement l'intégrité des réseaux d'aires protégées du Canada. Les priorités du développement durable et les menaces croissantes qui planent sur ces zones exigent que nous fassions des programmes d'aires protégées une priorité aussi bien pour la science et la survie des écosystèmes que pour les activités récréatives.

Pour qu'il y ait développement durable, le progrès économique doit être compatible avec le maintien à long terme des écosystèmes naturels et des processus entretenant la vie. Une stratégie de mise en œuvre du développement durable exige non seulement de gérer sagement les terres et les ressources que nous exploitons pour soutenir notre économie, mais aussi de soustraire au développement les aires naturelles et culturelles représentatives.

Les années 1990 sont considérées par beaucoup comme la décennie-charnière en ce qui concerne la protection de l'environnement. Contrairement à d'autres pays, le Canada a encore l'option de protéger toute la diversité de ses ressources patrimoniales. C'est à la fois une option et une responsabilité globale à laquelle on ne peut se dérober.

OUVRAGES CITÉS

Alliance mondiale pour la nature. 1990. *A framework for the classification of terrestrial and marine protected areas.* Document présenté à la réunion de la CNPPA à Perth, Australie, en novembre.

Bailey, E.A. 1990. « A parable for parks: how we legally protect ecosystems. » *Environment Views*, 13(2) : 5 – 10.

Bonnicksen, T. 1988. « Standards of naturalness: the national parks management challenge. » *Landscape Architecture*, 78(2) : 134.

Boudreau, F. 1988. *Réunion annuelle du Conseil canadien des aires écologiques.* Tableau 7.3. Conseil canadien des aires écologiques, Charlottetown.

Carter, M. 1990. *The state of protection of cultural resources in the environment.* Document inédit préparé pour le Service canadien des parcs, Environnement Canada.

Chipeniuk, R. 1990. *The extent of unroaded wilderness in Canada.* Centre des ressources du patrimoine, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Commission canadienne pour l'UNESCO. 1987. *Plan d'action national pour les réserves de la biosphère au Canada.* N° 19. Commission canadienne pour l'UNESCO, Programme sur l'homme et la biosphère/Canada, Ottawa.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous.* Les Éditions du fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Daniel, J. 1989. « The unkindest cut of all. » *Nature Canada*, 18(2) : 37 – 44.

Dueck, H. 1990. *Carnivore conservation — a proposal for the Canadian Rockies.* Service canadien des parcs et Fonds mondial pour la nature Canada, Ottawa.

Eidsvik, H.E. 1989. « Canada in a global context. » Pages 30 – 47 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Environnement Canada. 1971. *Le manuel de planification du réseau de parcs nationaux.* Service canadien des parcs, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1982. *Les endroits de choix dans le Nord du Canada : une perspective d'Environnement Canada pour la décennie 80.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1987. *Scientific and research activities.* Service canadien des parcs, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Projet de réseau des parcs nationaux.* Service canadien des parcs, Environnement Canada, Ottawa.

Fonds mondial pour la nature Canada. 1989. *Prairie conservation action plan, 1989 – 1994.* Toronto.

Fonds mondial pour la nature Canada. 1990. *Espaces en danger — Rapport d'étape n° 1.* Toronto.

Fonds mondial pour la nature Canada. 1991. *Espaces en danger — Rapport d'étape n° 2.* Toronto.

Frye, N. 1975. « Canada: new world without revolution. » Pages 15 – 25 dans : Société royale du Canada. *Preserving the Canadian heritage.* Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada.* Série de la classification écologique du territoire n° 24. Direction du développement durable, Environnement Canada, Ottawa, et Polyscience Publications Inc., Montréal.

Hummel, M. (réd.). 1989. *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Irvine, M. 1988. *Natural resource problems, issues and/or concerns in Canadian national parks.* Direction de la conservation des ressources, Service canadien des parcs, Environnement Canada, Ottawa.

Kovacs, T.J. 1985. « National overview for Canada on national parks and protected areas in the Arctic. » Pages 530 – 556 dans : Nelson, J.G., R. Needham et L. Norton (réd.). *Arctic heritage, proceedings of a symposium.* Association universitaire canadienne d'études nordiques, Banff.

Lien, J. 1989. « Eau Canada! A new marine park system. » Pages 107 – 119 dans : M. Hummel (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

McCloskey, M.J., et H. Spalding. 1989. « A reconnaissance-level inventory of the amount of wilderness remaining in the world. » *Ambio*, 18(4) : 221 – 227.

National Parks Service. 1980. *State of the parks — 1980: a report to Congress.* Département de l'Intérieur des États-Unis, Washington, DC.

Nelson, J.G., et H.E. Eidsvik. 1990. « Sustainable development, conservation strategies and heritage: three basic tools for influencing the global future. » Pages 33 – 48 dans : Nelson, J.G., et S. Woodley (réd.). *Heritage conservation and sustainable development conference. Occasional Paper 16.* Centre des ressources du patrimoine, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Newmark, W.D. 1987. « A land-bridge island perspective on mammalian extinctions in western North American parks. » *Nature*, 325(6103) : 430 – 432.

Nikiforuk, A. 1990. « Islands of extinction. » *Equinox*, 52 : 30 – 43.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1989. *Compendium de données OCDE sur l'environnement, 1989*. Paris.

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. 1972. *Convention concernant la protection du patrimoine (culturel et naturel) mondial (UNESCO, 17e session)*. Paris.

Pritchard, P. 1989. « Information gap. » *National Parks*, 63 : 5.

Rœmer, H.L., J. Pojar et K.R. Joy. 1988. *Protected old-growth forests in coastal British Columbia*. Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique).

Sangster, H. 1990. « Our endangered home: the future of the ecosphere and our wilderness. » *Environment Views*, 13(2) : 11 –15.

Société canadienne pour la conservation de la nature. 1989. *Annual report, 1989*. Toronto.

Taschereau, P.M. 1985. *The status of ecological reserves in Canada*. Conseil canadien des aires écologiques, Environnement Canada, et Institute for Resource and Environmental Studies, Université Dalhousie, Halifax.

Thompson, I.D. 1987. « The myth of integrated wildlife/forestry management. » *Queen's Quarterly*, 94(3) : 609 – 621.

Turner, A.M., C.D.A. Rubec et E.B. Wiken. 1991. « Canadian ecosystems: a systems approach to their conservation. » Dans : *Proceedings, International Conference on Science and Management of protected areas (SAMPA), Wolfville, Nova Scotia*.

Watkins, W.G. 1989. *A survey of resource extraction and land use policies in Canada's park systems*. Version préliminaire. Direction des parcs, ministère des Richesses naturelles du Manitoba. Document présenté à la réunion des directeurs, Conseil fédéral-provincial des parcs, Regina, 21 – 23 août.

Webb, C. 1987. *Reserves for nature*. Rapport ECA88 – PA/CS – S1. Environnement Council of Alberta, Edmonton.

Wiken, E.B. (compilateur). 1986. *Écozones terrestres du Canada*. Série de la classification écologique du territoire nº 19. Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

World Resources Institute. 1990. *World Resources 1990 – 91*. Programme des Nations Unies pour l'environnement et Programme des Nations Unies pour le développement. Oxford University Press, New York.

Young, C. 1988. *The ancient temperate rain forest*. Document inédit préparé pour le Sierra Club of Western Canada.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Conseil consultatif canadien de l'environnement. 1991. *Une vision des zones protégées pour le Canada*. Ottawa.

Environnement Canada. 1987. *Nos parcs : Vision pour le XXIe siècle*. Rapport du Groupe de travail du ministre de l'Environnement sur l'établissement des parcs. Centre des ressources du patrimoine, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Grey, P.A., et C.D.A. Rubec. 1989. *Registre national des aires écologiques du Canada*. Conseil canadien des aires écologiques, Environnement Canada, Ottawa.

Trombetti, O., et K.W. Cox. 1990. *Land, law and wildlife conservation: the role and use of conservation easements and covenants in Canada*. Habitat faunique Canada, Ottawa.

Ward, E.N. 1986. *La conservation du patrimoine en milieu bâti*. Document de travail nº 44. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Ward, E.N., en collaboration avec B. Killham. 1987. *La conservation du patrimoine en milieu naturel*. Centre des ressources du patrimoine, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario) et Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Woodley, S. 1991. *Monitoring for ecosystem integrity in Canadian National Parks*. Centre des ressources du patrimoine, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

REMERCIEMENTS

Ce chapitre, dont le principal auteur et expert scientifique est Max Finkelstein, a été préparé par le Service canadien des Parcs, Environnement Canada.

Kevin McNamee, coordonnateur des parcs et des aires protégées, Fédération canadienne de la nature (Ottawa), Arlin Hackman, directeur de la Campagne sur les espaces en danger, Fonds mondial pour la nature Canada (Toronto), et Robert Bowes, vice-président exécutif, Heritage Canada (Ottawa), ont assuré la révision du manuscrit à l'externe. Les données, les informations et les conseils qu'ils ont fournis ont été un atout précieux qui a permis de produire un manuscrit intégral et harmonisé. Kevin McNamee, en particulier, a apporté des ajouts considérables au texte.

De nombreuses personnes ont participé à l'élaboration de ce chapitre en soumettant des données, en rédigeant des passages du texte sous une forme préliminaire, en offrant leur aide et leurs conseils ou en formulant des commentaires sur la totalité du manuscrit ou sur certains passages. L'auteur tient à remercier toutes ces personnes, en particulier : Gordon Bennett, Harold Eidsvik, George Ingram et Terry Smythe, Service canadien des parcs, Jean-Luc Bourdage, Union québécoise pour la conservation de la nature, David A. Gauthier, Université de Regina, Louise Goulet, British Columbia Ecological Reserves, Dianne Griffin, Island Nature Trust, Île-du-Prince-Édouard, Don Huff, Federation of Ontario Naturalists, Vicky Husband, Sierra Club of Western Canada, Bill Munn, ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, Bob Ogilvie, Nova Scotia Museum, Diane Pachal, Alberta Wilderness Association, Robert Scace, expert-conseil en environnement, et Ross Thomasson, Conseil canadien des aires écologiques.

Patricia Hayes, Paul Quinn et Neville Ward (Ottawa) ont coordonné les diverses étapes de la préparation du chapitre pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement. John Carruthers s'est acquitté de cette même tâche pour le compte du Service canadien des parcs.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett, avec la collaboration de Marla Sheffer.

8

GRACIEUSETÉ DE INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

La pêche au Canada fournit une partie importante des disponibilités alimentaires nationales; elle emploie directement ou indirectement plus de 100 000 personnes et elle a généré 2,6 milliards de dollars en 1988. Les pêches de l'Atlantique sont les plus importantes : elles représentent environ 75 % des prises commerciales canadiennes. Le poisson de fond (principalement la morue, la goberge et plusieurs espèces de poissons plats et de sébastes) représentent la plus grande partie des prises. Dans les années 1980, la surpêche a provoqué une diminution marquée de certains stocks importants de poissons de fond de la région de Scotia–Fundy et des Grands Bancs.

■

Sur la côte du Pacifique, les stocks de saumons — qui représentent les prises les plus importantes en Colombie-Britannique — sont presque revenus à leurs niveaux record, sauf pour certains stocks qui ont été appauvris par la surpêche et la dégradation des habitats, près des mines et des usines.

Certaines zones coquillières situées près des usines de pâtes ont été interdites aux pêcheurs parce que les concentrations de dioxines dans les crabes, les crevettes et les huîtres dépassent le seuil de tolérance pour la consommation humaine.

■

Sur la côte de l'Arctique, aucune zone de pêche n'a été perdue à cause de la surpêche ou de la destruction de l'habitat. L'appauvrissement localisé des populations d'ombles chevaliers a mené à certaines interdictions. Les populations de baleines boréales, de bélugas et de morses ne se sont pas encore complètement rétablies de la surexploitation pratiquée dans le passé.

■

Partout au Canada, les stocks de poissons d'eau douce sont en bon état. Toutefois, la surpêche a provoqué la réduction des stocks vivant près des régions habitées. Les gestionnaires expérimentent de nouvelles façons de surveiller la pêche sportive (laquelle est, en eau douce, deux fois plus importante que la pêche commerciale). Les dépôts acides entraînent la destruction des habitats et la perte de poissons dans des milliers de lacs de l'est du Canada, et bon nombre d'anciennes rivières à saumon de la côte est sont acidifiées. La pollution du réseau hydrographique des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent a entraîné la disparition d'espèces autrefois pêchées et la diminution des effectifs d'autres espèces.

■

Les gestionnaires des pêches ont besoin de statistiques plus exactes sur le poisson récolté et de connaissances plus approfondies sur la biologie du poisson et sur l'écologie marine. Cela leur permettrait d'éviter à l'industrie de la pêche sportive et commerciale et à la pêche de subsistance toutes sortes d'écueils comme l'effondrement des stocks, la surcapitalisation, la concurrence étrangère sauvage, la contamination par les produits toxiques, l'acidification des lacs et la perte des habitats de frai.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 8-4

La gestion des pêches au Canada . . . 8-4
- Les mécanismes nécessaires à un développement durable des pêches . . . 8-5
  - La gestion des pêches . . . 8-5
  - La protection de l'habitat et la productivité . . . 8-6
  - La valorisation des stocks et l'aquiculture . . . 8-7

Les évaluations régionales . . . 8-7
- Les pêches de l'Atlantique . . . 8-8
  - Les poissons de fond . . . 8-11
  - La morue de l'Atlantique . . . 8-11
  - L'aiglefin . . . 8-12
  - Le roi des poissons : le saumon de l'Atlantique . . . 8-12
  - Les mammifères marins . . . 8-13
- Les pêches du Pacifique . . . 8-16
  - Les principaux facteurs influant sur les pêches du Pacifique . . . 8-16
    - Les pressions de la pêche . . . 8-16
    - La perte d'habitats . . . 8-19
    - Les barrages . . . 8-20
  - L'état des stocks du Pacifique . . . 8-20
    - Le saumon . . . 8-20
    - Le hareng . . . 8-21
    - Les poissons de fond . . . 8-21
    - Le flétan . . . 8-22
- Les pêches de l'Arctique . . . 8-22
  - Le poisson . . . 8-22
  - Les mammifères marins . . . 8-23
- Les pêches en eau douce . . . 8-23
  - Les pressions anthropiques exercées sur les stocks de poissons d'eau douce . . . 8-23
  - La pêche dans les Grands Lacs : sauvée *in extremis* . . . 8-24

L'aquiculture au Canada . . . 8-25
  - Les principaux facteurs influant sur l'aquiculture . . . 8-26
  - Les problèmes environnementaux possibles . . . 8-26

Conclusions . . . 8-27

Ouvrages cités . . . 8-28

Pour de plus amples renseignements . . . 8-28

Remerciements . . . 8-29

Liste des encadrés

8.1 Les tendances des pêches de l'Atlantique **8-9**
8.2 Les tendances des pêches du Pacifique **8-17**

Liste des figures

8.1 Prises commerciales de poissons de fond dans l'Atlantique, 1960–1990 ..... **8-12**
8.2 Prises commerciales de morues dans l'Atlantique, 1960–1990 ..... **8-12**
8.3 Tendances du poids des morues de sept ans, 1977–1988 ..... **8-13**
8.4 Prises commerciales d'aiglefins, 1960–1990 ..... **8-13**
8.5 Zones clés de la pêche de l'aiglefin dans l'Atlantique **8-14**
8.6 Routes de migration du saumon de l'Atlantique **8-15**
8.7 Prises commerciales totales de saumons de l'Atlantique, 1960–1989 ..... **8-16**
8.8 Prises commerciales de poissons en Colombie-Britannique, 1981–1988 ..... **8-16**
8.9 Prises commerciales de saumons en Colombie-Britannique, 1978–1988 ..... **8-20**
8.10 Contribution des programmes de valorisation aux prises totales de saumons en Colombie-Britannique, 1979–1988 ..... **8-21**
8.11 Biomasse des harengs du Pacifique reproducteurs en Colombie-Britannique, 1951–1988 ..... **8-21**
8.12 Prises totales des poissons de fond du Pacifique en Colombie-Britannique, 1977–1990 ..... **8-22**
8.13 Potentiel de croissance de l'aquiculture canadienne jusqu'en l'an 2000 ..... **8-26**
8.E1 Prises commerciales de poissons plats, 1960–1990 ..... **8-9**
8.E2 Prises commerciales de harengs, 1960–1990 ..... **8-9**
8.E3 Prises commerciales de capelans, 1963–1989 ..... **8-9**
8.E4 Prises commerciales de homards, 1893–1989 ..... **8-10**
8.E5 Prises commerciales de pétoncles, 1965–1989 ..... **8-10**
8.E6 Prises commerciales de crevettes, 1965–1989 ..... **8-10**
8.E7 Prises commerciales de crabes des neiges, 1965–1989 ..... **8-10**
8.E8 Prises commerciales de sébastes du Pacifique, 1956–1988 ..... **8-17**
8.E9 Prises commerciales de morues charbonnières, 1955–1988 ..... **8-17**
8.E10 Prises commerciales de merlus du Pacifique, 1966–1988 ..... **8-17**
8.E11 Prises commerciales de coquillages et crustacés, 1981–1988 ..... **8-18**
8.E12 Abondance des phoques communs en Colombie-Britannique, 1973–1986 ..... **8-18**
8.E13 Abondance des otaries de Steller en Colombie-Britannique, 1913–1987 ..... **8-18**
8.E14 Abondance des épaulards en Colombie-Britannique, 1974–1987 ..... **8-19**

Liste des tableaux

8.1 Profil des pêches canadiennes, 1990 ..... **8-5**
8.2 Captures nominales et valeurs au débarquement des principales espèces, 1990 ..... **8-8**
8.3 Pêches en eau douce dans les principaux bassins hydrographiques du Canada **8-24**

> **« Peu de choses sur notre planète sont plus fascinantes que les énigmes biologiques qui se posent dans la gestion des pêches. Il est vrai que la technologie moderne nous emmène maintenant sous l'eau, mais le monde sous-marin n'est pas notre monde et ne le deviendra sans doute jamais, et puis il y a l'immensité des océans, des grands lacs d'eau douce et même des plus petits lacs. L'eau n'a pas encore révélé tous ses secrets. »**
>
> Roderick Haig-Brown, 1980, *Bright waters, bright fish*

INTRODUCTION

Lorsque Jean Cabot a atteint le rivage de Terre-Neuve en 1497, il a trouvé la mer « débordante de poissons, que l'on peut attraper non seulement au filet, mais aussi au moyen de paniers lestés d'une pierre ». Ce portrait d'un océan autrefois grouillant de « poissons » (c'est encore ainsi que les Terre-Neuviens désignent la morue) contraste avec l'actuelle pénurie de morues au large de la côte est du Canada.

En 1990, le Canada comptait plus de 80 000 pêcheurs commerciaux, 38 166 bateaux de pêche et 1 270 usines de transformation du poisson (tableau 8.1). Sur la côte atlantique à elle seule, un millier de collectivités dépendent totalement ou presque entièrement de la pêche. À l'échelle nationale, le poisson et les mammifères marins sont à la base de 130 000 emplois liés à la pêche commerciale et à l'industrie de la transformation, et de 74 millions de jours de pêche sportive par année. Le Canada est un gros exportateur de poissons : il occupe le deuxième rang mondial pour la valeur des exportations et le seizième pour les débarquements. L'exploitation des ressources marines du Canada a été et continuera d'être importante, sur le plan tant national qu'international.

Les poissons que l'on trouve dans les eaux douces et les eaux salées du Canada sont une ressource renouvelable qui peut être exploitée indéfiniment. Cette exploitation soulève toutefois des difficultés qu'il ne faut pas sous-estimer, l'une des principales étant les variations importantes des stocks d'une campagne de pêche à l'autre. Ces fluctuations peuvent tenir à des pressions d'origine anthropique, à une multitude de facteurs naturels encore mal compris, notamment les conditions météorologiques et océanographiques qui influent sur le taux de survie du poisson, ou à une combinaison de ces facteurs. Les gestionnaires des pêches, qui ont pour objectif l'exploitation soutenue de cette ressource — c'est-à-dire une exploitation dont on pourra tirer des avantages sociaux, économiques et environnementaux indéfiniment dans l'avenir — ne peuvent surveiller, dans la plupart des cas, que les pressions d'origine anthropique, en particulier celles attribuables à la pêche elle-même. En général, ils ont des responsabilités dans quatre secteurs : la gestion des pêches, la protection de l'habitat, l'application des règlements et, de plus en plus, la valorisation des stocks.

La gestion des pêches vise certains buts sociaux et économiques — p. ex., la création d'emplois dans les collectivités côtières isolées — sans nuire à la capacité biologique de l'environnement de soutenir la productivité. La protection de l'habitat consiste principalement à maintenir les conditions nécessaires à certaines espèces en matière d'habitat et la qualité des milieux aquatiques en général. L'application des règlements permet aux gestionnaires de s'assurer que l'industrie de la pêche n'excède pas les niveaux annuels de capture fixés pour les différents stocks et espèces. La valorisation des stocks vise à augmenter la récolte d'espèces sélectionnées par des mesures qui améliorent la productivité et l'habitat naturels et suppléent la production naturelle, comme dans le cas de l'aquiculture. Les captures se maintiendront ou s'accroîtront dans la mesure où les mécanismes de gestion des pêches, de protection de l'habitat, d'application des règlements et de valorisation des stocks auront du succès.

LA GESTION DES PÊCHES AU CANADA

Au Canada, la pêche relève du gouvernement fédéral, qui a compétence exclusive sur les pêches marines, côtières et intérieures. Cette compétence est exercée surtout par Pêches et Océans Canada, conformément aux dispositions de la *Loi sur les pêches*. L'administration des pêches varie d'une région à l'autre du pays, étant donné que la gestion des pêches intérieures est, pour une large part, déléguée aux provinces.

L'exploitation soutenue de l'industrie de la pêche au Canada dépend également de la collaboration internationale. Dans la zone côtière, qui s'étend

jusqu'à 200 milles marins[1] des côtes, la pêche relève de la compétence exclusive du Canada. Toutefois, le Canada ne peut gérer en autarcie des stocks qui migrent souvent de la zone canadienne de 200 milles pour se diriger vers les eaux internationales, où ils peuvent être capturés par des bateaux d'autres pays. De même, les stocks de poissons marins et de poissons d'eau douce qui traversent la frontière canado-américaine et les stocks Canada–Groenland constituent des ressources partagées. Les diverses tentatives faites pour répartir les responsabilités touchant la protection des stocks et les prises admissibles ont donné lieu à un certain nombre d'ententes et d'accords internationaux et dépendent de la collaboration d'autres nations.

La gestion des pêches appuie aussi les grands objectifs environnementaux. Par exemple, le Canada et les États-Unis sont coresponsables de la restauration des Grands Lacs — où se trouvent les pêches intérieures les plus importantes du Canada — , ceux-ci ayant été gravement dégradés par l'eutrophisation, les polluants toxiques, la surpêche et l'introduction d'espèces exotiques (voir le chapitre 18). De façon plus générale, la collaboration internationale visant à atténuer le changement climatique mondial pourrait contribuer à empêcher des modifications dans la répartition et l'abondance des stocks de poissons partout à l'intérieur du Canada et au large des côtes de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Arctique.

TABLEAU 8.1

Profil des pêches canadiennes, 1990[a]

Région	Nombre de pêcheurs inscrits	Nombre de bateaux immatriculés	Nombre d'usines enregistrées	Prises nominales (milliers de tonnes)	Valeur des débarquements (milliers de dollars)	Valeur de la production (milliers de dollars)	Valeur des importations totales (milliers de dollars)	Valeur des exportations totales (milliers de dollars)
Atlantique	61 356	29 198	918	1 213	906	2 092	174	1 708
Pacifique	20 097	5 773	181	285	412	875	226	775
Intérieure	8 500	3 195	171	45	82	125	330	175
Canada	**89 953**	**38 166**	**1 270**	**1 543**	**1 400**	**3 092**	**730**	**2 658**

Remarque : Les produits aquicoles sont exclus des données sur les débarquements et la production.
Les chiffres relatifs aux exportations englobent certains transbordements venant d'autres régions.
Les données sur la production sont des estimations.

[a] Estimations préliminaires (les données sous-évaluent les prises réelles).

Source : Pêches et Océans Canada.

Les mécanismes nécessaires à un développement durable des pêches

La gestion des pêches

Le rendement constant est une des notions fondamentales de la gestion des pêches. Essentiellement, les ressources halieutiques du Canada sont gérées de manière à assurer une valeur économique et sociale soutenue qui soit compatible avec la conservation des espèces. Ainsi, pour chaque espèce récoltée, l'estimation du rendement se fonde sur les recommandations de biologistes et sur l'évaluation des avantages économiques et sociaux de l'espèce.

Dans les limites de ce cadre général, les gestionnaires répartissent les ressources entre les divers utilisateurs, dont les pêcheurs sportifs et autochtones ainsi que les pêcheurs commerciaux, qui utilisent une variété d'engins. Les plans de gestion de chaque espèce sont fondés sur les conseils des scientifiques et sur la consultation des groupes d'utilisateurs. Les gestionnaires recueillent couramment des statistiques sur tous les débarquements.

La délivrance de permis et la réglementation servent à mettre en œuvre de tels plans. L'accès de pratiquement toutes les pêches commerciales du Canada est limité. La réglementation de la dimension des bateaux de pêche et des caractéristiques des engins de pêche constitue un niveau de surveillance supplémentaire de l'effort de pêche.

La surveillance de l'effort de pêche n'est qu'un aspect de la réglementation des prises. Il est courant, pour garantir un rendement conforme au plan de gestion, de fixer un total des prises admissibles pour les poissons marins (capelans, maquereaux, thons, poissons de fond[2], harengs) et pour les coquillages et crustacés. Le total des prises admissibles (TPA), qui est exprimé en tonnes, correspond à la quantité maximale d'un stock donné d'une espèce pouvant être récoltée dans un secteur désigné au cours d'une campagne de pêche donnée. Il peut être réparti sous forme de contingents entre divers groupes d'utilisateurs (p. ex., les pêcheurs utilisant des nasses, les chalutiers, les bateaux de pêche aux filets maillants et les chalutiers hauturiers). Des contingents peuvent aussi être attribués à un ou plusieurs pays étrangers lorsqu'on prévoit un excédent; ces contingents sont exploités sous licence et un droit approprié est perçu. Un observateur canadien doit être à bord de chaque bateau étranger pour s'assurer que les dispositions du permis sont respectées. Ces observateurs recueillent également des renseignements et des échantillons pour l'évaluation scientifique des stocks.

Le total des prises admissibles peut en outre être subdivisé en contingents accordés à des entreprises ou à des bateaux particuliers. Raffinement de la réglementation des prises, ces contingents stabilisent dans une certaine mesure les opérations des entreprises ou des bateaux qui les ont obtenus en limitant la « course au poisson » et en réduisant les coûts de l'industrie.

La gestion de la pêche du saumon du Pacifique exige une surveillance des prises particulièrement efficace au cours de la campagne de pêche et illus-

[1] La communauté internationale continue d'utiliser le mille marin comme unité de mesure en mer plutôt que l'unité métrique équivalente (200 milles marins = 370 km).

[2] Espèces d'intérêt commercial qui vivent sur le fond de la mer.

tre bien la tâche parfois monumentale dévolue aux gestionnaires des pêches. Ces derniers doivent effectuer une surveillance étroite des prises et ajuster quotidiennement les temps et les zones de pêche afin que le total des prises admissibles soit respecté et équitablement réparti. Le saumon du Pacifique est réparti entre les catégories suivantes : conservation, pêche autochtone, pêche commerciale et pêche sportive.

Un peu partout dans le monde, les gestionnaires doivent trouver la façon d'empêcher que les captures dépassent les niveaux de récolte assurant la conservation des espèces. L'optimisme augmente de pair avec l'accroissement naturel des stocks : on investit dans de meilleurs bateaux de pêche et dans de nouveaux équipements de transformation. La gestion des pêches, spécialement dans le cas d'espèces appauvries, soulève des difficultés énormes, surtout si l'on cherche à maintenir les avantages économiques historiques des activités de pêche. Cette alternance de forte expansion et de récession dans le secteur commande les efforts actuels de Pêches et Océans Canada en matière de surveillance des prises. Il n'y a pas de solution facile à ces problèmes; toutefois, l'industrie soutient les efforts déployés par ce ministère pour maintenir et rétablir les stocks.

La protection de l'habitat et la productivité

La protection de l'habitat du poisson est un élément important du développement durable. Le poisson est un bioindicateur. La diminution des populations de poissons et l'accumulation de substances toxiques rendant les poissons impropres à la consommation humaine signalent clairement une dégradation de l'environnement. La protection des pêches est enchâssée dans les dispositions de la *Loi sur les pêches* du gouvernement fédéral; toutefois, sur le plan constitutionnel, les ressources dulcicoles sont de compétence provinciale. Par conséquent, une collaboration étroite entre les organismes fédéraux et provinciaux est indispensable à la protection des milieux aquatiques.

Il n'est pas difficile de constater les conséquences néfastes de certaines activités humaines : les barrages qui empêchent la migration des poissons anadromes, les dérivations qui modifient le débit des eaux à des fins d'irrigation, la pollution causée par des substances consommatrices d'oxygène ou les déchets toxiques comme le mercure, les dioxines ou les métaux lourds. D'autres réalités ne sont pas aussi évidentes : les quantités excessives d'engrais, d'herbicides et de pesticides lessivés des terres agricoles et les eaux d'égout évacuées dans les lacs et les cours d'eau provoquent des changements importants dans la flore et la faune aquatiques et contribuent à la réduction des espèces recherchées.

De la même façon, les projets d'aménagement des régions côtières — particulièrement dans les estuaires — peuvent avoir des impacts considérables sur la productivité marine. Les réservoirs de retenue qui modifient le débit saisonnier des cours d'eau peuvent avoir des effets marquants sur l'état des glaces et la productivité des estuaires et des autres eaux côtières (Drinkwater, 1988). Il faut examiner en détail les projets qui comportent des activités telles que le dragage, la construction portuaire, le transport de produits dangereux, la construction de chaussées (McCracken, 1979) ainsi que l'aménagement de centrales marémotrices.

Dans son examen de tels projets, le gouvernement fédéral s'assure notamment qu'il n'y a « aucune perte nette », principe en vertu duquel la capacité de production d'une espèce recherchée ne doit pas être diminuée. Tout projet qui entraînerait une réduction de l'habitat du poisson doit comporter des mesures d'atténuation destinées à compenser cette perte; s'il est impossible de prendre de telles mesures, il se pourrait que l'on ne puisse pas donner suite au projet. L'application de cette politique a effectivement mis un frein aux pertes élevées d'habitats du poisson au profit d'autres utilisations de l'eau dans les lacs et les cours d'eau, les estuaires et d'autres régions côtières.

La prévention est la meilleure protection contre la contamination des habitats du poisson. On a mesuré des concentrations élevées de produits chimiques toxiques dans les poissons vivant en aval des points de rejet d'effluents industriels. La bioaccumulation de certaines toxines peut nuire aux fonctions physiologiques, comportementales et reproductives du poisson. Les prédateurs du poisson peuvent subir des effets semblables si ces substances toxiques pénètrent dans la chaîne alimentaire. Les conséquences à long terme ne sont pas connues, car des toxines rémanentes poursuivent leur cycle dans les écosystèmes pendant des années, voire des décennies. La collaboration étroite des autorités fédérales et provinciales chargées de la lutte contre la pollution a amené une amélioration des pratiques de l'industrie et une réduction de la pollution, mais ce n'est qu'un début. La situation actuelle, qui est le résultat des mesures de surveillance moins rigoureuses du passé, commandera l'attention des chercheurs et des responsables de la réglementation pendant de nombreuses années encore. Les eaux qui traversent la frontière canado-américaine sont également assujetties à des mesures de surveillance de la part des États-Unis, au niveau du gouvernement central et de celui des États. La prévention de la contamination est une entreprise difficile, surtout dans le cas de substances toxiques comme les métaux lourds, les HAP et les composés organochlorés, qui sont transportées dans l'atmosphère et qui franchissent parfois de grandes distances avant d'être déposées dans les eaux canadiennes.

Les substances acidogènes sont transportées de la même manière. Depuis quelques années, on reconnaît que les dépôts acides sont effectivement la cause d'une diminution importante sinon de l'élimination des populations de poissons dans 150 000 lacs, c'est-à-dire dans un lac canadien sur sept, à l'est de la limite entre le Manitoba et l'Ontario. Certaines mesures ont été prises pour réduire les émissions canadiennes de dioxyde de soufre, polluant qui est la principale cause des dépôts acides, mais il reste beaucoup de travail à faire tant au Canada qu'aux États-

Unis pour mettre un frein à la perte de l'habitat du poisson (voir le chapitre 24). Certains lacs et cours d'eau qui ont été acidifiés semblent se rétablir naturellement; dans les autres cas, les chercheurs devront doubler leurs efforts.

L'introduction d'espèces exotiques, parfois accidentelle et parfois intentionnelle, est une source d'avantages aussi bien que de difficultés pour la pêche au Canada. Les Grands Lacs sont un exemple frappant d'introductions bénéfiques (saumon du Pacifique et truite arc-en-ciel) et nuisibles (lamproie marine). L'introduction accidentelle de la dreissena polymorphe causera sans doute d'importants problèmes économiques et écologiques. Arrivée vers 1985 dans l'eau de ballast d'un cargo, cette moule minuscule non comestible se répand rapidement, bouchant les prises d'eau des industries et des municipalités et menaçant les sources alimentaires des populations de poissons indigènes et les frayères (voir le chapitre 18).

Les effets directs de la pêche sur les stocks de poissons relèvent de la gestion des pêches, tandis que les répercussions de cette activité sur les milieux aquatiques sont considérées comme des questions relevant de la protection de l'habitat. À titre d'exemple, mentionnons l'impact du chalutage de fond sur les organismes benthiques, de même que les effets d'une plus grande disponibilité alimentaire pour les prédateurs et les nécrophages et du mélange des éléments nutritifs dans l'eau sur l'amélioration de la productivité totale. De plus, le rejet des carcasses des captures fortuites est une pratique largement répandue dont les effets n'ont pas encore été évalués. Enfin, la possibilité que les pêches influent sur la composition génétique des stocks a fait l'objet de nombreux débats.

Il faut mentionner deux autres aspects de la protection de l'habitat. En premier lieu, les consommateurs doivent être protégés contre les produits du poisson qui contiennent des toxines, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique. Pêches et Océans Canada a mis sur pied, en collaboration avec les provinces, divers programmes réglementant la manipulation et la transformation du poisson, l'inspection et l'enregistrement des bateaux de pêche et des usines de transformation ainsi que l'inspection des produits. Les invertébrés à coquille font l'objet de mesures de surveillance visant à détecter les saxitoxines, l'acide domoïque et les coliformes fécaux. Dans certaines régions, on procède régulièrement à la détection de contaminants tels que les dioxines, le DDT, les BPC, les métaux lourds, le mercure et d'autres substances qui peuvent être toxiques.

En second lieu, on anticipe un réchauffement progressif de la planète, qui pourrait s'accompagner de changements considérables dans la circulation et la productivité océaniques, ce qui pourrait modifier la répartition géographique et l'abondance relative de diverses espèces marines. Les répercussions globales sur la pêche en mer pourraient être positives ou négatives, selon le cas. Le changement climatique pourrait aussi avoir des effets importants sur la pêche en eau douce, particulièrement dans les régions à faibles précipitations.

La valorisation des stocks et l'aquiculture

Durant plus d'un siècle, les Canadiens ont tenté de valoriser la production naturelle des poissons et des coquillages et crustacés au moyen de diverses techniques. Les résultats ont souvent été décevants mais, au cours des dernières décennies, la progression des connaissances a permis d'accroître l'efficacité des techniques de valorisation. Parmi les procédés les plus simples, il y a la fertilisation des lacs ou des cours d'eau, la construction de chenaux de frai pour les salmonidés ou la préparation de surfaces artificielles sur lesquelles les huîtres, les moules et les pétoncles peuvent déposer leur naissain. Parmi les moyens plus complexes figurent la maturation provoquée et l'élevage de jeunes poissons dans des installations piscicoles, peut-être jusqu'à un stade juvénile critique comme celui de la première descente des jeunes saumons vers la mer.

Au Canada, les organismes fédéraux aussi bien que provinciaux effectuent des travaux de valorisation qui ont eu beaucoup de succès ces dernières années. Par exemple, 15 % de la production de saumons du Pacifique peut être attribuée au recours à des mesures de valorisation.

Plusieurs des techniques de valorisation recoupent les techniques d'aquiculture intensive. En effet, dans le jargon de la pêche internationale, l'aquiculture comprend le peuplement d'un milieu naturel au moyen de jeunes poissons ou de jeunes coquillages et crustacés. Dans l'un et l'autre cas entre en jeu la connaissance de la nutrition, du comportement, de la maturation provoquée, de la génétique et des maladies des organismes aquatiques. Bref, l'aquiculture est une forme plus avancée de valorisation (ou, d'un autre point de vue, la valorisation est une forme élémentaire d'aquiculture).

Au fur et à mesure que l'aquiculture deviendra plus répandue, intensive et diversifiée, de nombreuses difficultés surgiront. Comme d'autres intérêts feront concurrence à l'aquiculture, il sera nécessaire d'améliorer la planification et la gestion des zones côtières.

LES ÉVALUATIONS RÉGIONALES

Certaines espèces et certains stocks sont stables, d'autres varient beaucoup. L'état d'une population reflète les influences naturelles et anthropiques sur l'abondance de l'espèce et l'efficacité des stratégies de gestion.

Il est difficile, même dans des conditions optimales, d'évaluer les effectifs d'une espèce en particulier. La méthode habituelle consiste à prendre en considération les statistiques sur les prises et l'effort de pêche (commerciale et sportive) aussi bien que les données de recherche. Comme il y a un nombre élevé de variables, dont plusieurs sont mal comprises, les projections touchant les prises admissibles ne sont pas aussi précises que le voudraient les gestionnaires et l'industrie. Cependant, certaines tendances se sont précisées au fil des ans et elles pourraient mener à de nouvelles pratiques de gestion.

TABLEAU 8.2

Captures nominales et valeurs au débarquement des principales espèces, 1990[a]

Espèces	Côte de l'Atlantique Q(t)	V(milliers de dollars)	Côte du Pacifique Q(t)	V(milliers de dollars)	Canada Q(t)	V(milliers de dollars)
Poissons de fond (total)	634 061	375 782	130 991	73 009	765 052	448 791
Morue	381 819	239 398	5 502	2 902	387 321	242 300
Aiglefin	21 346	23 094	—	—	21 346	23 094
Sébaste	80 326	22 006	23 380	14 343	103 706	36 349
Flétan	2 135	9 769	4 715	19 688	6 850	29 457
Poissons plats	71 515	37 184	5 926	4 364	77 441	41 548
Goberge	18 888	13 000	1 948	447	20 836	13 447
Pollock	36 819	19 381	545	143	37 364	19 524
Merlu	13 087	6 981	79 890	10 982	92 977	17 963
Brosme	3 481	2 183	—	—	3 481	2 183
Poisson-chat	1 516	397	—	—	1 516	397
Autres	3 129	2 389	9 085	20 140	12 214	22 529
Poissons pélagiques et autres (total)	370 474	77 367	139 068	299 955	509 542	377 322
Hareng	255 187	37 508	40 228	74 400	295 415	111 908
Maquereau	14 680	4 081	—	—	14 680	4 081
Thon	466	6 715	272	837	738	7 552
Gaspareau	6 331	1 501	—	—	6 331	1 501
Anguille	284	1 240	—	—	284	1 240
Saumon	515	2 286	95 271	223 470	95 786	225 756
Raie	98	6	132	23	230	29
Éperlan	695	511	—	—	695	511
Capelan	89 787	17 546	—	—	89 787	17 546
Autres	2 431	5 973	3 165	1 225	5 596	7 198
Coquillages et crustacés (total)	208 838	447 705	15 068	34 898	223 906	482 603
Palourde	18 914	14 089	6 227	14 405	25 141	28 494
Huître	3 200	7 300	3 856	3 200	7 056	10 500
Pétoncle	80 029	96 264	68	315	80 097	96 579
Calmar	3 851	1 003	47	51	3 898	1 054
Homard	44 963	222 303	—	—	44 963	222 303
Crevette	27 819	53 120	2 422	7 767	30 241	60 887
Crabe	26 062	49 326	2 060	8 441	28 122	57 767
Autres	4 000	4 300	388	719	4 388	5 019
Divers	—	6 082	—	4 089	—	10 171
Pêches maritimes (total)	1 213 373	906 936	285 127	411 951	1 498 500	1 318 887
Pêches intérieures					45 000	82 000
Grand total — Canada					1 543 500	1 400 887

[a] Estimations préliminaires (les données sous-évaluent les prises réelles). Q = quantité; V = valeur (poids vif).

Les sections qui suivent présentent, pour plusieurs régions du Canada, une évaluation globale de l'état des pêches ainsi qu'une description de l'état de certains stocks importants[3]. Pour ce qui est des côtes du Pacifique et de l'Atlantique, les profils régionaux sont accompagnés de graphiques qui illustrent les tendances dans les débarquements de poissons et la taille des stocks des populations de mammifères marins. Comme les niveaux de capture sont assujettis à des pratiques de conservation satisfaisantes, ces tendances sont des indicateurs clés de l'état actuel des pêches.

Les pêches de l'Atlantique

En 1990, les pêches de l'Atlantique représentaient 78 % du volume total des débarquements canadiens et 67 % de leur valeur totale, soit 2,09 milliards de dollars (tableau 8.1). L'industrie crée plus de 61 000 emplois dans le secteur de l'exploitation. La flotte de pêche comprend 29 198 bateaux de divers types et dimensions et il y a 918 usines de transformation enregistrées. En 1990, le total des prises (toutes espèces confondues) était de 1,2 million de tonnes (tableau 8.1). Le poisson de fond constituait la part la plus importante des débarquements en poids (52 %), la pêche de la morue se classant au premier rang avec 381 819 t (tableau 8.2). Toutefois, la pêche des invertébrés (crevettes, homards, crabes, pétoncles et palourdes) est la plus rentable avec des débarquements de 208 800 t d'une valeur de 447,7 millions de dollars.

Certains stocks de poissons de la côte atlantique ont augmenté ces dernières années tandis que d'autres ont diminué (voir l'encadré 8.1). Les prélèvements effectués sur certains des stocks d'invertébrés les plus importants, comme le homard, ont atteint des sommets inégalés, et les stocks de pétoncles ont aussi connu un redressement appréciable. Nombre de stocks pélagiques, y compris le hareng et le capelan, se reconstituent. La stratégie de gestion canadienne, qui vise à limiter la pêche étrangère et à préserver les stocks et qui a été appliquée après l'établissement de la limite de 200 milles marins en 1977,

[3] Les données de 1989–1990 sont des évaluations préliminaires qui sous-estiment les prises réelles.

ENCADRÉ 8.1

Les tendances des pêches de l'Atlantique

Les poissons plats

On trouve dans la région de l'Atlantique 14 stocks de poissons plats incluant la plie canadienne, la plie grise, la limande à queue jaune, le flétan du Groenland et la plie rouge. Les débarquements ont atteint leur niveau le plus élevé au début des années 1970, puis ont diminué. Les débarquements (en poids) de plies canadiennes, un des principaux stocks de poissons plats des Grands Bancs, sont près du plus bas niveau enregistré en 15 ans. Le recrutement (nombre de jeunes poissons qui atteignent l'âge de la reproduction) de plies canadiennes s'améliore mais il est encore bien inférieur aux niveaux moyens à long terme. La surpêche de juvéniles par les pêcheurs étrangers à l'extérieur de la limite des 200 milles marins contribue sensiblement à l'appauvrissement de ce stock et de celui de la limande à queue jaune. Si cette tendance continue, la taille de la population reproductrice s'en trouvera aussi réduite et, par conséquent, le recrutement sera plus faible.

FIGURE 8.E1

Prises commerciales de poissons plats, 1960–1990[a]

Le hareng

Il existe dix stocks de harengs dans les eaux atlantiques du Canada. Deux de ceux-ci sont partagés avec les États-Unis : un sur le banc de Georges et un autre sur la côte du Maine et du Nouveau-Brunswick. Dans les eaux canadiennes, on trouve les plus fortes concentrations de harengs dans la baie de Fundy mais on en capture jusqu'au Labrador. Des limites sur les prises annuelles ont été imposées dans les années 1960. Les stocks de harengs ont beaucoup fluctué au fil des ans, surtout en raison des variations dans les niveaux de recrutement. En général, les stocks et les débarquements ont augmenté récemment.

FIGURE 8.E2

Prises commerciales de harengs, 1960–1990[a]

Le capelan

Dans le nord-ouest de l'Atlantique, les capelans atteignent les concentrations les plus fortes au large de la côte est de Terre-Neuve et sur les Grands Bancs, où ils sont une source alimentaire importante pour les morues, les baleines et les oiseaux de mer et où ils sont également à la base d'une pêche commerciale. De façon générale, les capelans passent la plus grande partie de leur vie au large, la plupart se déplaçant vers le littoral pour frayer, en juin et en juillet, sur des plages de gravier fin. Avant les années 1960, ils étaient pêchés sur la côte pendant le frai. La pêche hauturière (étrangère) a commencé dans les années 1970, après quoi les stocks ont diminué rapidement. Le total des prises admissibles a été réduit de façon marquée en 1979 pour permettre aux stocks de se rétablir. Comme cette population a augmenté par la suite, les niveaux de prises ont été relevés.

FIGURE 8.E3

Prises commerciales de capelans, 1963–1989[a]

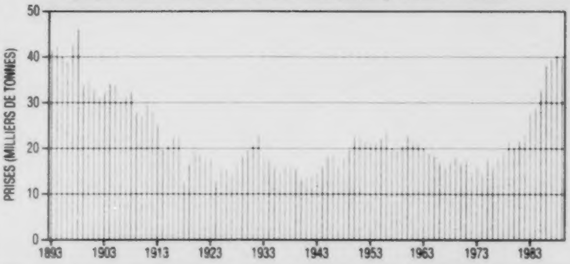
ENCADRÉ 8.1 (SUITE)

Le homard

La pêche du homard est l'une des plus importantes pêches commerciales de la côte est. La pêche canadienne est pratiquée de la frontière canado-américaine jusque dans le sud du Labrador. Les stocks de homards ont augmenté ces dernières années et les débarquements sont maintenant aussi élevés qu'ils l'étaient à la fin des années 1890. Il est vrai que cette situation est due en partie à l'augmentation de l'effort de pêche (nombre de pêcheurs et de casiers), mais les niveaux de recrutement des divers stocks ont aussi connu des améliorations réelles. On comprend mal pourquoi le nombre de jeunes homards atteignant les dimensions commerciales minimales est si élevé depuis peu. Par le passé, les niveaux des débarquements ont été très cycliques.

FIGURE 8.E4

Prises commerciales de homards, 1893–1989[a]

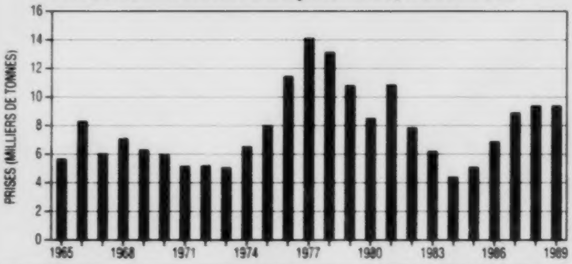


Le pétoncle

Il y a deux espèces commerciales de pétoncles sur la côte est, le pétoncle géant, très abondant, et le pétoncle d'Islande, moins abondant. Le pétoncle géant est récolté de la frontière canado-américaine jusqu'au Labrador, mais on trouve les concentrations les plus élevées dans la baie de Fundy et sur le banc de Georges. Les prises de pétoncles ont augmenté ces dernières années, grâce surtout à un bon recrutement et aussi au règlement du différend canado-américain au sujet du banc de Georges. La biomasse hauturière augmente depuis 1984 et les débarquements se sont accrus, bien qu'ils soient bien inférieurs au sommet atteint à la fin des années 1970.

FIGURE 8.E5

Prises commerciales de pétoncles, 1965–1989[a]

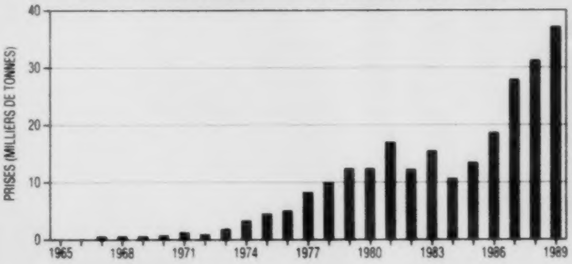


La crevette

La pêche des crevettes dans l'est du Canada a connu une croissance rapide depuis les années 1980; la valeur des débarquements place maintenant cette pêche au quatrième rang des pêches des coquillages et crustacés, après le homard, le pétoncle et le crabe. Cette progression, encore plus évidente dans les régions hauturières septentrionales, a été rendue possible par les progrès de la technologie, l'exploitation de nouvelles zones de pêche et le maintien de bons prix. Les stocks de crevettes de l'est du Canada sont surveillés au moyen de relevés de recherche et de l'échantillonnage des prises commerciales. Une estimation du rendement et du total des prises admissibles, basée sur les renseignements obtenus, est faite pour chaque stock. La limitation de l'accès et des saisons et la réglementation du maillage contribuent également à la surveillance de cette pêche.

FIGURE 8.E6

Prises commerciales de crevettes, 1965–1989[a]

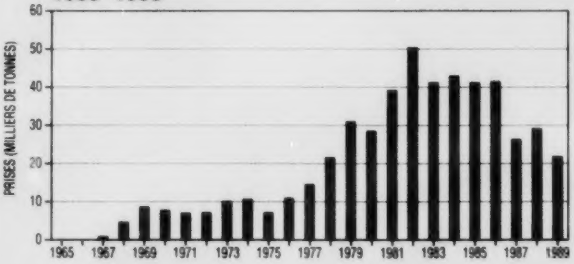


Le crabe des neiges

C'est depuis le milieu des années 1960 que l'on récolte le crabe des neiges au large de Terre-Neuve et de l'île du Cap-Breton et partout dans le golfe du Saint-Laurent. Cette pêche à accès limité comprend des limites aux dimensions des casiers, des exigences sur la taille minimale des individus, des saisons (Terre-Neuve) et des contingents d'entreprises (golfe du Saint-Laurent). Seuls les mâles adultes, qui sont plus gros que les femelles, sont pêchés. Une récolte annuelle de 50 % à 60 % des mâles ne semble pas réduire le taux de reproduction de la population, car presque toutes les femelles contiennent des œufs. Un fléchissement du recrutement a été suivi d une baisse de 50 % des débarquements dans le golfe du Saint-Laurent de 1986 à 1987, mais le recrutement montre des signes d'amélioration. Les autres stocks sont en bon état.

FIGURE 8.E7

Prises commerciales de crabes des neiges, 1965–1989[a]



[a] Les données de 1989–1990 sont des estimations préliminaires.

Source : Pêches et Océans Canada.

a contribué au rétablissement de populations de poissons autrefois appauvries de la côte atlantique. Les populations de poissons de fond ont fait d'importants gains depuis 1977; toutefois, certaines espèces comme l'aiglefin au large de la Nouvelle-Écosse ont diminué considérablement après avoir connu une période de hausse, et les effectifs de morues du Nord au large de Terre-Neuve ont légèrement diminué récemment, bien que le total des prises admissibles ait été réduit sensiblement lorsqu'on s'est rendu compte que les taux d'exploitation antérieurs avaient dépassé les niveaux cibles. Le stock est maintenant en train de se rétablir par suite d'un meilleur recrutement. Les changements récents apportés à la stratégie de gestion ont pour but de réduire la capacité de pêche nationale.

Un organisme international, l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest, s'occupe de la gestion des pêches dans les eaux internationales de l'Atlantique, mais certains pays membres et non membres ont choisi de ne pas tenir compte de ses règlements. Des bateaux étrangers continuent de capturer des poissons immatures dans les zones poissonneuses qui s'étendent juste au-delà de la zone de pêche du Canada, comme le Nez et la Queue des Grands Bancs au large de Terre-Neuve. Le Canada continue de chercher à convaincre ces pays de respecter les recommandations de l'organisme international.

Les flottes de pêche canadiennes ont contribué pour une bonne part à créer la crise actuelle. Pour la résoudre, le ministre des Pêches et des Océans a mis sur pied le Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond de la région de Scotia-Fundy et le Groupe d'examen de la morue du Nord. Selon le rapport de 1989 du Groupe de travail, la pêche des poissons de fond au large de la Nouvelle-Écosse a beaucoup souffert de la surpêche intérieure, de la falsification des rapports, d'un manque de rigueur dans les mesures de surveillance et dans l'application des règlements, de même que de l'accroissement incessant de la capacité de pêche. Dans le cas de la pêche côtière en particulier, il en est résulté un effort de pêche qui dépassait les niveaux cibles. Au large de Terre-Neuve, les stocks de morues du Nord ont récemment connu une diminution attribuable en partie à une faible production de jeunes poissons.

Dans son rapport, le Groupe de travail a présenté 28 recommandations. Il a préconisé l'adoption de règles de conservation touchant les engins, les temps de pêche et les tailles minimales des poissons pouvant être capturés ainsi qu'une intensification de l'application des règlements et de la recherche. Ayant déterminé que la flotte de pêche des poissons de fond de la région possédait quatre fois la capacité nécessaire pour effectuer les captures admissibles, il a recommandé une restructuration majeure de la flotte de pêche côtière des poissons de fond afin de limiter les pressions sur les stocks et de permettre leur rétablissement. À l'heure actuelle, on assiste à une réduction des contingents qui va de pair avec une diminution des stocks de poissons de fond. Les recommandations du Groupe de travail avaient pour but de favoriser la conservation des stocks tout en réduisant au minimum les répercussions socio-économiques sur les pêcheurs (Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond dans la région de Scotia-Fundy, 1989).

Le Groupe d'examen de la morue du Nord a conclu à l'appauvrissement du stock et a formulé 29 recommandations. Il a notamment recommandé de réduire de plus de 50 % le niveau des prises, d'améliorer les pratiques de gestion et d'intensifier les recherches en vue de mieux comprendre l'état du stock et l'écosystème dont celui-ci est tributaire (Groupe d'examen de la morue du Nord, 1990).

Pour faire face aux problèmes mis en lumière dans les recommandations de ces deux groupes, le ministre des Pêches et des Océans a annoncé en mai 1990 le Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique. Doté de crédits de 584 millions de dollars, ce programme quinquennal prévoit une aide financière et des mesures incitatives qui permettent aux pêcheurs et aux usines de transformation de s'adapter aux contingents réduits. Il inclut également des mesures de conservation, notamment de nouvelles tailles minimales pour les poissons pouvant être capturés, des maillages minimums pour les filets et les nasses ainsi que d'autres restrictions sur les engins dans le but de réduire autant que possible la capture de petits poissons.

Les poissons de fond

Plus de 40 stocks de poissons de fond ont été recensés sur la côte atlantique. Les principales espèces commerciales sont la morue, l'aiglefin, la goberge, diverses espèces de poissons plats et le sébaste. Les débarquements de poissons de fond ont augmenté régulièrement durant les années 1950 et 1960, surtout par suite de l'intensification de la pêche étrangère, mais ils ont commencé à baisser au début des années 1970 en raison des effets de la surpêche. On a commencé à imposer des limites sur les prises au milieu des années 1970 dans le but de renverser la tendance. Par la suite, quand la compétence du Canada a été étendue jusqu'à 200 milles, le gouvernement a cherché à conserver les stocks de poissons et à permettre aux stocks appauvris de se reconstituer. Bien que certains stocks de poissons de fond aient continué de fluctuer, la tendance globale a été à la hausse entre 1976 et 1989 (figure 8.1). Toutefois, depuis 1990, les stocks des deux espèces ayant la plus grande valeur, la morue et l'aiglefin, suscitent des inquiétudes.

La morue de l'Atlantique

À Terre-Neuve, le mot « poisson » est synonyme de morue, ce qui montre bien l'importance de cette espèce pour les insulaires. La morue de l'Atlantique est une espèce très répandue : on dénombre 11 stocks de morues entre le nord du Labrador et la frontière canado-américaine, à la hauteur du banc de Georges. Depuis 1976, des contingents annuels ont été établis pour chaque population. Les débarquements ont connu des fluctuations, mais le total des prises admissibles a pratiquement doublé de 1978 à 1984 (figure 8.2).

Pour un certain nombre de stocks, il semble que tant la population totale que la taille des morues soient à la baisse. Dans plusieurs stocks de morues, le poids des individus est maintenant

FIGURE 8.1

Prises commerciales de poissons de fond dans l'Atlantique, 1960–1990[a]

[a] Les données de 1989–1990 sont des estimations préliminaires.
Source : Pêches et Océans Canada.

FIGURE 8.2

Prises commerciales de morues dans l'Atlantique, 1960–1990[a]

[a] Les données de 1989–1990 sont des estimations préliminaires.
Source : Pêches et Océans Canada.

inférieur à ce qu'il était à la fin des années 1970. Une morue de sept ans, pêchée dans le sud du golfe du Saint-Laurent, pesait environ 2,4 kg en 1977, mais seulement 1 kg environ en 1987 (figure 8.3). Peut-être l'abondance du stock à la fin des années 1970 a-t-elle augmenté la compétition pour la nourriture, ce qui a ralenti la croissance des individus. La baisse a apparemment cessé et, pour certains stocks, la tendance est maintenant inversée.

L'aiglefin

Les stocks d'aiglefins n'ont jamais été aussi bas, ce qui inquiète l'industrie de la pêche et incite les spécialistes à concerter leurs efforts en vue de mieux comprendre les facteurs biologiques et environnementaux — et ils sont nombreux dans le milieu rigoureux de l'Atlantique Nord — qui influent sur la survie de l'aiglefin. Il semble que les individus qui survivent à la période de frai soient l'exception plutôt que la règle (Marine Research Associates, 1980), et il n'y a pas eu de signes encourageants récemment : les niveaux de recrutement ont continué de baisser depuis le début des années 1980 et le nombre des débarquements est demeuré faible (figure 8.4).

Il y a deux stocks principaux d'aiglefins au large de la Nouvelle-Écosse et un autre sur le banc de Georges, qui chevauche la frontière canado-américaine (figure 8.5). Les stocks du plateau continental Scotian ont fait l'objet d'une pêche intensive, le taux d'exploitation annuel dépassant 50 %. La rareté de poissons matures (mesurant plus de 0,43 m) a entraîné une pêche excessive des poissons juvéniles. La surcapacité de l'industrie canadienne, qui a causé la surexploitation, est en grande partie à l'origine de la situation actuelle et les scientifiques ont conclu que les taux élevés d'exploitation, s'ils sont maintenus, peuvent amener l'effondrement des stocks (Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond de la région de Scotia–Fundy, 1989).

Les stocks des Grands Bancs et du banc de Saint-Pierre, deux populations importantes d'aiglefins dans les eaux de Terre-Neuve, ont diminué dans les années 1960 et ne se sont pas rétablis.

Le roi des poissons : le saumon de l'Atlantique

« Le saumon est considéré comme le roi des poissons d'eau douce et il est toujours élevé dans des rivières qui se jettent éventuellement dans la mer », a écrit Izaak Walton, une autorité en la matière, dans Le *parfait pêcheur à la ligne ou le divertissement du contemplatif* (Walton et Cotton, 1986). Le saumon de l'Atlantique est grandement apprécié, tant comme gibier que comme aliment. Au cours des migrations qu'ils effectuent pour frayer, les saumons remontent des rivières et des cours d'eau du Nouveau-Brunswick, de Terre-Neuve et du Labrador, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et de l'île du Prince-Édouard. Dans bien des régions, les montaisons de saumons ont diminué. Les zones d'alimentation en mer comprennent tout le nord-ouest de l'Atlantique, depuis la partie sud des Grands Bancs jusqu'à la côte du Groenland en passant par le détroit de Davis (figure 8.6).

L'habitat d'eau douce du saumon de l'Atlantique a été, pour une bonne part, endommagé ou détruit par la construction de barrages, la modification des cours d'eau, les précipitations acides, l'exploitation minière, la production de pâtes et papiers, l'agriculture et d'autres sources de pollution chimique. Watt (1989), qui s'est basé sur les relevés des prises commerciales annuelles, estime que la capacité productive de l'habitat du saumon de l'Atlantique au Canada a baissé de 17 % depuis 1870.

À l'heure actuelle, la pêche commerciale de cette espèce est permise le long de la rive nord du golfe du Saint-Laurent et dans la région de l'Ungava au Nouveau-Québec, de même qu'au Labrador et presque partout dans les eaux côtières de Terre-Neuve. Les restrictions comme les fermetures saisonnières, la limitation des engins et les totaux des prises admissibles s'appliquent à la pêche commerciale. La (figure 8.7) illustre la fluctuation des débarquements commerciaux de saumons. La pêche autochtone de subsistance représentait environ 2,5 % des prises (en poids) en 1988.

Les pêcheurs sportifs de la côte est, qui pêchent le saumon à la ligne en eau douce seulement, ont capturé les 17,5 % restants des prises totales (en poids) en 1988. Les restrictions qui s'appliquent généralement comprennent les fermetures saisonnières, les limites de prises et l'usage obligatoire de mouches artificielles non lestées. Dans plusieurs régions, les pêcheurs à la ligne ne pouvaient capturer que le madeleineau (saumon de 1,5 à 3 kg qui a passé un hiver en mer avant de retourner à sa rivière d'origine).

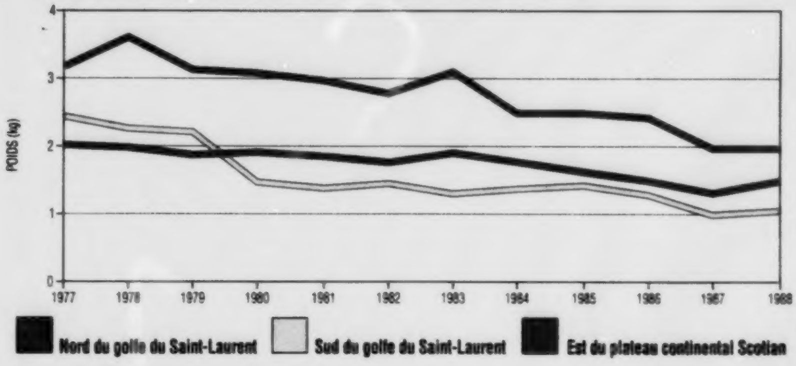
Depuis 1980, Pêches et Océans Canada a coordonné cinq projets de démonstration pour la valorisation du saumon à Terre-Neuve. Les techniques utilisées comprennent le nettoyage des cours d'eau, la construction de passes migratoires et l'empoissonnement. Dans la rivière des Exploits, par exemple, la production de saumons s'est accrue considérablement.

Il y a aussi un certain nombre de projets de valorisation dans la région du Golfe et dans celle de Scotia–Fundy. Par exemple, la distribution de poissons d'élevage à partir de centres de valorisation du saumon a donné d'excellents résultats dans plusieurs endroits, comme sur la rivière Margaree, où les stocks[4] de montaison hâtive se sont rétablis après avoir frôlé l'extinction. Un autre exemple comporte des expériences dans le domaine de l'élevage semi-naturel qui ont connu beaucoup de succès; les retours de poissons dans la rivière Morell, sur l'île-du-Prince-Édouard, ont atteint 13 %, taux qui dépasse largement celui des projets d'élevage traditionnels.

[4]Stocks dont la montaison a lieu tôt dans la saison de frai.

FIGURE 8.3

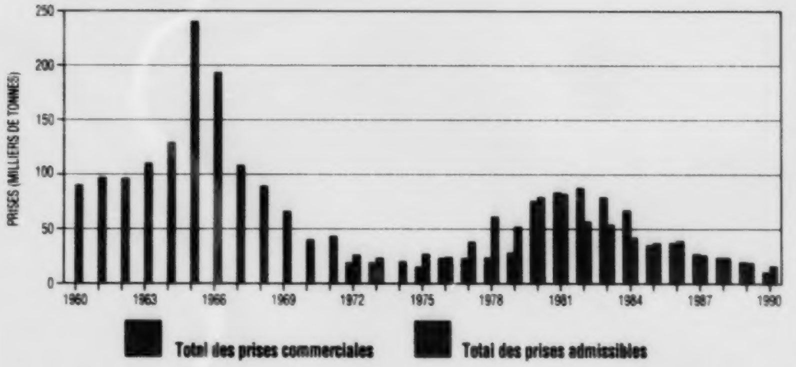
Tendances du poids des morues de sept ans, 1977–1988



Source : Pêches et Océans Canada.

FIGURE 8.4

Prises commerciales d'aiglefins, 1960–1990[a]



[a] Les données de 1989–1990 sont des estimations préliminaires.
Source : Pêches et Océans Canada.

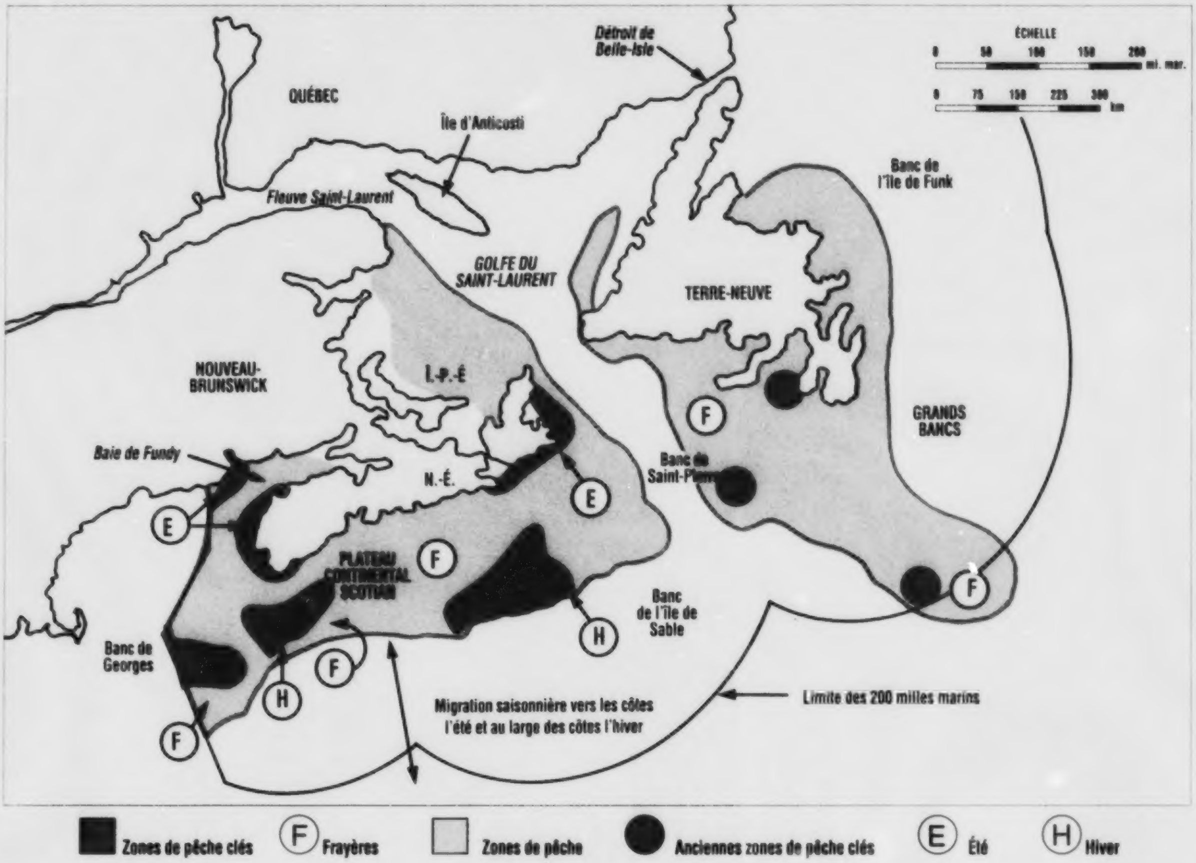
Les mammifères marins

Six espèces de phoques appartenant à la famille des phocidés ou « phoques vrais » sont présents en grand nombre dans les eaux côtières canadiennes de l'Atlantique : le phoque commun, le phoque gris, le phoque du Grœnland, le phoque à capuchon, le phoque annelé et le phoque barbu. On croit que les populations de la plupart de ces espèces augmentent.

Le phoque du Grœnland est la principale espèce chassée commercialement dans le golfe du Saint-Laurent et au

FIGURE 8.5

Zones clés de la pêche de l'aiglefin dans l'Atlantique



Source : Scarrat, 1982.

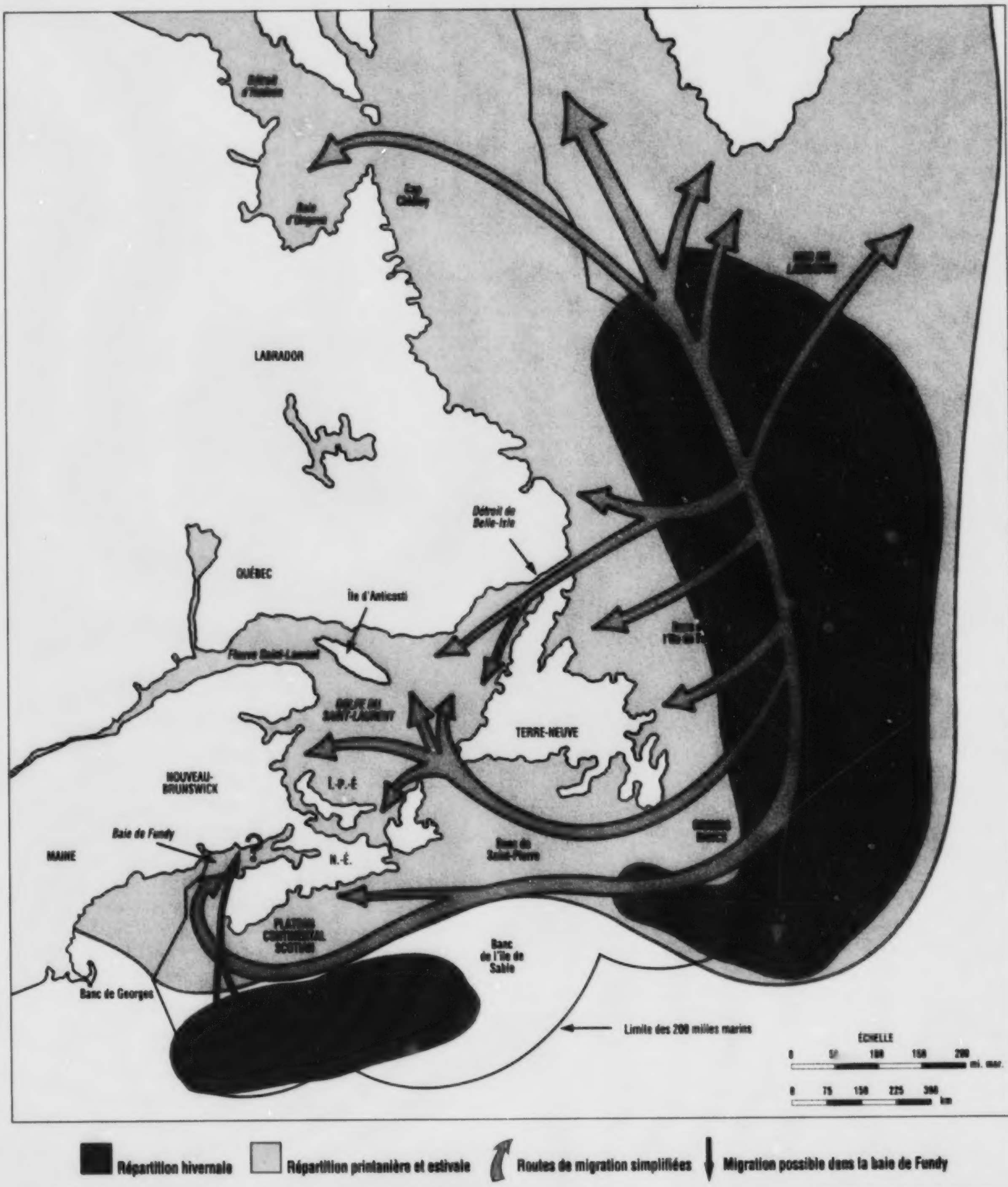
large de la partie nord-est de Terre-Neuve; la chasse a considérablement diminué ces dernières années. Selon la Commission royale sur les phoques et l'industrie de la chasse au phoque au Canada, la population de phoques du Grœnland comptait environ 2 millions d'individus en 1985 et elle augmentait de 5 % chaque année. Par extrapolation, on évalue la population à environ 2,5 millions d'individus en 1991. L'analyse d'un levé photogrammétrique de la population de blanchons effectué en 1990 fournira des données plus récentes sur la taille du troupeau. Des recherches sont également en cours sur les effets de la prédation des phoques sur les stocks de poissons d'intérêt commercial.

De nombreuses espèces de baleines, comme le rorqual bleu, le rorqual commun, le rorqual à bosse, le rorqual boréal, le cachalot macrocéphale, le petit rorqual, le béluga et le globicéphale noir de l'Atlantique, vivent dans les eaux canadiennes de l'Atlantique, y compris dans le golfe du Saint-Laurent. Certaines espèces faisaient l'objet d'une chasse commerciale avant 1973 et la taille actuelle de la plupart des populations de baleines est mal connue. Certains mammifères marins sont capturés accidentellement dans les filets maillants et autres engins de pêche. Récemment, une équipe de rétablissement a été réunie pour évaluer le danger que ces prises accidentelles font courir à la population de marsouins communs dans la baie de Fundy.

Les bélugas du Saint-Laurent sont officiellement considérés comme une population en voie de disparition par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Cette population est passée d'environ 5 000 individus à la fin du XIX[e] siècle à approximativement 500 (Sergeant, 1986). Des levés photogrammétriques récents confirment ces estimations. La chasse a sérieusement décimé les bélugas du Saint-Laurent un peu plus tôt au cours du XX[e] siècle. On n'observe aucun signe de rétablissement appréciable depuis l'interdiction de la chasse en 1979 (Masse et collab., 1986). Parmi les facteurs qui peuvent être en cause dans ce déclin, il y a la perte d'un habitat vital, la bioaccumulation de produits

FIGURE 8.8

Routes de migration du saumon de l'Atlantique



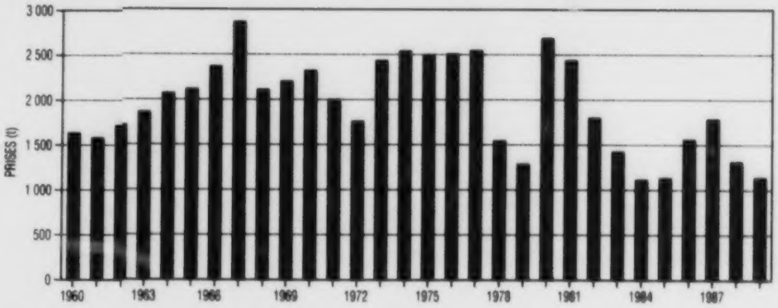
Source : Scarrat, 1982.

chimiques toxiques et les perturbations causées par la navigation maritime (voir le chapitre 19).

Divers composés organochlorés ont été détectés dans le pannicule adipeux (petit lard) et les organes de bélugas morts du Saint-Laurent (Masse et collab., 1986; Béland, 1988). Les concentrations de BPC sont comparables à celles que l'on trouve dans certaines populations de mammifères marins qui ont souffert de problèmes de reproduction ou qui ont vu leur population diminuer (Wagemann et Muir, 1984), mais elles sont inférieures aux concentrations qui ont été mesurées chez d'autres populations pour lesquelles le Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes de l'Atlantique ne signale aucun effet.

FIGURE 8.7

Prises commerciales totales de saumons de l'Atlantique, 1960–1989[a]

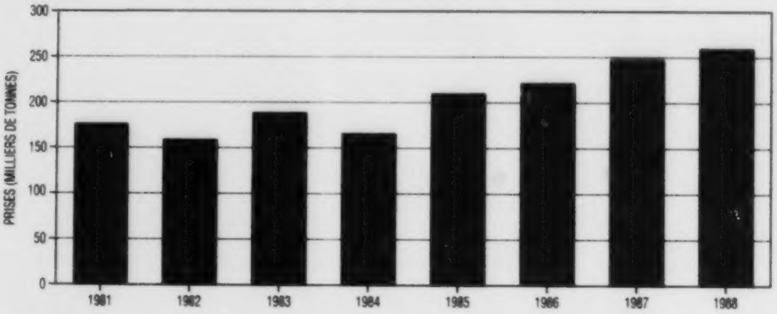


[a] Les données de 1989 sont des estimations préliminaires.

Source : Pêches et Océans Canada.

FIGURE 8.8

Prises commerciales de poissons en Colombie-Britannique, 1981–1988



Source : Pêches et Océans Canada.

Les pêches du Pacifique

C'est la présence du poisson qui a conditionné, pour une bonne part, l'établissement des Amérindiens sur la côte ouest. La pêche commerciale vient aujourd'hui au quatrième rang des industries primaires de la Colombie-Britannique, après l'exploitation forestière, les mines et l'agriculture. La récolte de poissons représente environ 4 % de la production primaire et sa transformation, près de 3 % de l'activité manufacturière. En 1990, quelque 20 000 pêcheurs commerciaux étaient inscrits dans cette province, la flotte de pêche commerciale comptait 5 773 bateaux et 181 usines transformaient le poisson.

En 1990, les débarquements de poissons ont rapporté aux pêcheurs environ 412 millions de dollars (valeur au débarquement) et ont généré 875 millions de dollars après transformation (tableau 8.1). Le saumon, qui représentait 54 % de la valeur totale, était la prise la plus importante (tableau 8.2). Le hareng, avec moins d'un cinquième de la valeur, venait au deuxième rang, suivi des poissons de fond et des coquillages et crustacés.

Les débarquements de la pêche commerciale en Colombie-Britannique ont augmenté considérablement depuis 1984 (figure 8.8). Des prises record d'environ 250 000 t ont été signalées en 1987 et en 1988, principalement en raison d'une augmentation importante des captures de saumons. L'encadré 8.2 illustre certaines tendances des pêches du Pacifique.

Les principaux facteurs influant sur les pêches du Pacifique

Les pressions de la pêche

En dépit des statistiques qui précèdent, la pêche commerciale sur la côte du Pacifique connaît différents problèmes dont le plus marquant est une surcapacité persistante. Avec près de 6 000 bateaux et plus de 20 000 détenteurs de permis, la flotte de pêche commerciale est surcapitalisée. Les pêcheurs commerciaux sont d'avis que, pour remédier aux difficultés de l'industrie, il faut augmenter les contingents et racheter des bateaux. La répartition des prises entre les groupes d'utilisateurs et la prévention des prises fortuites de saumons venant des stocks non visés sont deux grandes questions qui préoccupent les gestionnaires de la pêche du saumon sur la côte ouest. Inévitablement, les pêcheurs remontent dans leurs filets une variété d'espèces et de stocks; par exemple, la pêche au filet des saumons nerka, rose et kéta ramène aussi des saumons chinook et coho et de la truite arc-en-ciel, toutes ces espèces cohabitant dans l'océan. Dans certains cas, on peut réduire les prises fortuites, susceptibles d'épuiser les stocks les plus petits, en incitant les gens à pêcher plus près de l'embouchure des rivières d'origine des stocks cibles (on parle de « pêche en estuaire »).

ENCADRÉ 8.2

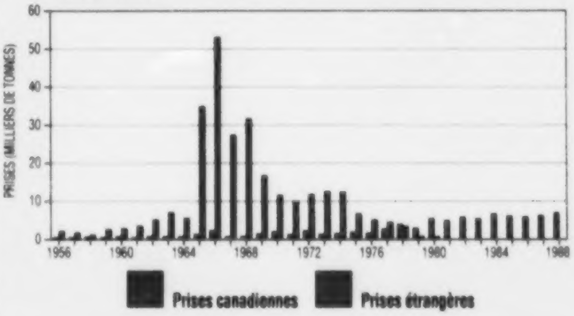
Les tendances des pêches du Pacifique

Le sébaste du Pacifique

Les populations de sébastes du Pacifique ne se sont pas rétablies après la surpêche pratiquée par les bateaux étrangers dans les années 1960 et 1970. L'augmentation de la pêche sportive du bar rayé dans le détroit de Georgie a contribué à la baisse continue du stock de sébastes.

FIGURE 8.E8

Prises commerciales de sébastes du Pacifique, 1956–1988

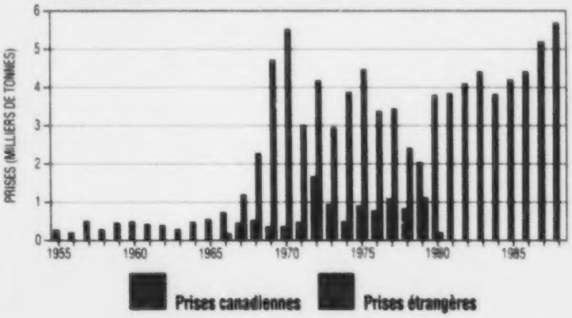


La morue charbonnière

Les prises canadiennes de morues charbonnières (bécheaux noirs) sont passées de 2 000 t en 1979 à plus de 5 500 t en 1988 par suite d'une augmentation du nombre de bateaux — qui ont capturé plus de poissons — et d'un fort recrutement en 1977. Puisque ni l'ensemble des prises étrangères et canadiennes de la fin des années 1960, ni les prises canadiennes d'importance comparable à la fin des années 1980 n'ont appauvri les stocks, les prévisions de récolte sont bonnes.

FIGURE 8.E9

Prises commerciales de morues charbonnières, 1955–1988

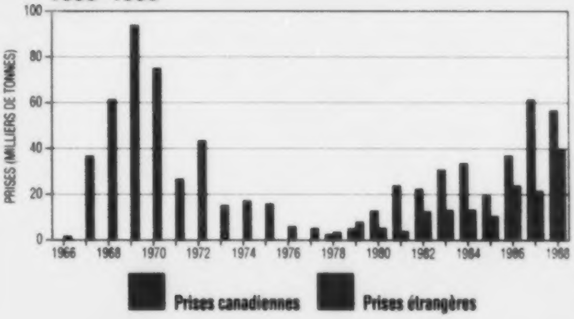


Le merlu du Pacifique

Une coentreprise regroupant des intérêts étrangers et canadiens a été lancée en 1978 pour pêcher le merlu du Pacifique, et la récolte de 1988 s'est élevée à 50 000 t. Les stocks hauturiers aussi bien que les stocks côtiers de merlus sont alimentés par de forts recrutements intermittents. L'abondance des stocks de merlus est moyenne ou légèrement supérieure à la moyenne, mais en baisse par rapport aux niveaux élevés déjà signalés.

FIGURE 8.E10

Prises commerciales de merlus du Pacifique, 1966–1988



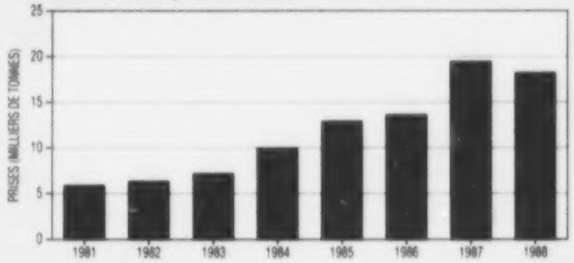
ENCADRÉ 8.2 (SUITE)

Les coquillages et crustacés

Environ 200 populations de coquillages et de crustacés, représentant plus de 25 espèces, sont exploitées par des pêcheurs employant des casiers et des chaluts et par des plongeurs sous-marins. Les espèces les plus importantes sont les panopes ainsi que des espèces intertidales de palourdes, de crabes et de crevettes. Au cours des années 1980, les débarquements ont presque triplé. Il se peut que l'haliotide soit surexploitée, en partie à cause de la pêche illégale, mais les fluctuations de leur abondance sont généralement attribuables à des causes naturelles. On protège le recrutement nécessaire aux populations de coquillages et de crustacés en fixant la taille des individus pouvant être capturés à une taille supérieure à celle du premier frai. Cette pêche a été totalement interdite en 1990 à cause de la baisse des stocks. De nouveaux marchés internationaux s'ouvrent pour une plus grande variété d'espèces de coquillages et de crustacés, ce qui donne à penser que la pression de la pêche sera probablement plus forte. Par exemple, environ 50 % des espèces capturées actuellement n'étaient pas exploitées commercialement avant 1982. Le nombre des permis est maintenant restreint pour ce qui est des espèces les plus exploitées : cette pratique a commencé en 1990 pour la crevette rose et en 1991 pour le crabe et le hérisson de mer.

FIGURE 8.E11

Prises commerciales de coquillages et crustacés, 1981–1988

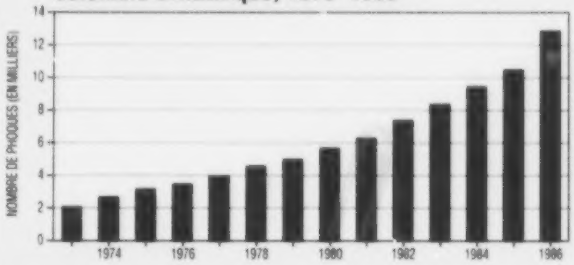


Le phoque commun

Les phoques communs résident toute l'année en Colombie-Britannique. Jusqu'à la fin des années 1960, ils étaient chassés pour leur peau. À la fin de cette même décennie, la population était d'environ 10 000 animaux (Olesiuk et collab., 1990). Comme les phoques communs bénéficient d'un statut protégé depuis 1970, leur nombre s'est élevé pour atteindre environ 80 000 individus, dont 16 000 vivent dans le détroit de Georgie.

FIGURE 8.E12

Abondance des phoques communs en Colombie-Britannique, 1973–1986

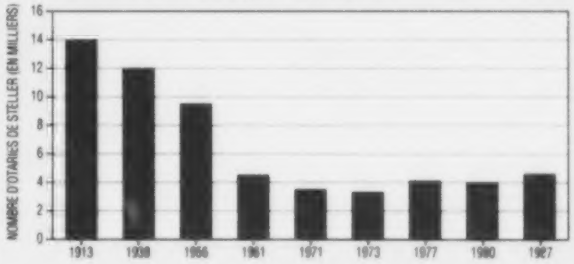


L'otarie de Steller

Au moment de la reproduction, les otaries de Steller se rassemblent chaque été sur cinq roqueries éparpillées le long de la côte de la Colombie-Britannique. Au début des années 1900, ces roqueries accueillaient de 11 000 à 14 000 individus. Des programmes de réduction de la population en ont diminué le nombre à environ 4 000 sujets vers le milieu des années 1960; ce chiffre est resté stable depuis. Ces mesures de répression ont été instituées pour protéger les populations de poissons contre la prédation des otaries.

FIGURE 8.E13

Abondance des otaries de Steller en Colombie-Britannique, 1913–1987



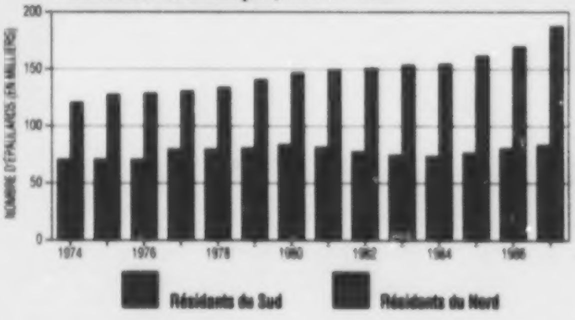
ENCADRÉ 8.2 (SUITE)

L'épaulard

Il y a deux races distinctes d'épaulards au large de la Colombie-Britannique (Bigg et collab., 1990). La race « résidante » se déplace en groupes de dix à vingt individus et se nourrit principalement de poissons. La race « itinérante » se déplace normalement en groupes de deux à quatre individus et se nourrit de phoques et d'autres mammifères marins. La race résidante est formée d'éléments du Nord et d'éléments du Sud : au nord de la partie centrale de l'île de Vancouver, il y a 180 épaulards répartis en 16 troupes, et au sud, 80 épaulards répartis en trois troupes (Olesiuk et Bigg, 1990). Ces deux communautés ont augmenté en nombre à des taux annuels respectifs de 2,9 % et de 1,3 %. Cette différence est probablement due au fait que des juvéniles ont été retirés de la communauté méridionale entre le milieu des années 1960 et le début des années 1970, pour être exhibés dans des jardins zoologiques et des aquariums.

FIGURE 8.E14

Abondance des épaulards en Colombie-Britannique, 1974–1987



Source : Pêches et Océans Canada.

La pêche sportive exerce des pressions croissantes sur les stocks de saumons, surtout sur le coho et le chinook. On estime que les pêcheurs à la ligne ont capturé 1,4 million de saumons en 1989, soit une augmentation d'environ 40 % par rapport à 1983. De 1983 à 1986, la pêche sportive pratiquée par les résidants a augmenté d'environ 8 % et le nombre de visiteurs a fait un bond de 45 %. En 1988, près de 400 000 pêcheurs à la ligne détenant des permis ont dépensé environ 400 millions de dollars.

Environ 85 000 autochtones de la Colombie-Britannique et du Yukon sont autorisés à pêcher pour leur subsistance. Le saumon a une énorme importance pour les peuples autochtones et il est pêché dans les eaux douces du réseau hydrographique du fleuve Fraser et des rivières Skeena et Nass principalement. Les statistiques sur la pêche autochtone sont limitées, pour des raisons de gestion complexes et souvent litigieuses. On estime que la récolte est passée de 350 000 poissons en 1965 à environ 1,3 million en 1990. Le saumon nerka représente environ 80 % des prises récentes.

La pêche hauturière pose également des problèmes de gestion. Les saumons canadiens sont interceptés par des pêcheurs américains de saumons; de plus, ils sont récoltés comme prises fortuites par les pêcheurs au chalut et aussi par les pêcheurs du Japon, de la Corée et de Taiwan qui pratiquent une pêche hauturière aux filets dérivants. Les problèmes touchant l'interception de saumons d'origine canadienne par les pêcheurs américains relèvent du Traité canado-américain concernant le saumon du Pacifique. L'impact de la pêche aux filets dérivants en haute mer, y compris l'interception de stocks nord-américains de salmonidés, les prises fortuites de mammifères marins et d'oiseaux de mer et les filets-fantômes, fait actuellement l'objet de négociations internationales intenses (voir le chapitre 4). Le Canada a coparrainé une résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies qui interdirait la pêche hauturière aux filets dérivants à partir de 1992, sauf si l'on peut démontrer qu'il est possible, dans le cas d'une pêche particulière, d'en réduire les effets dommageables sur l'environnement.

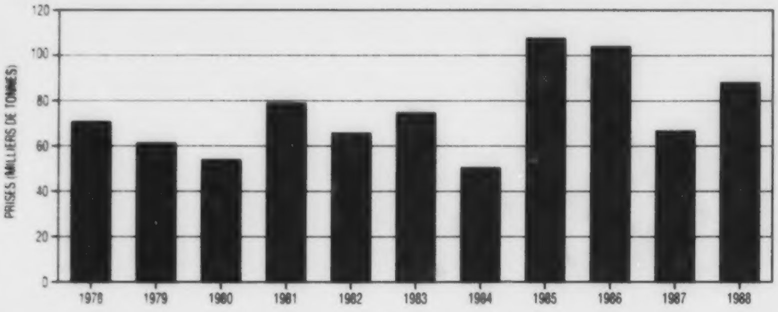
La perte d'habitats

Pour sa survie et sa reproduction, le saumon a besoin d'une eau propre et bien oxygénée où il trouve de la nourriture en abondance (p. ex., zooplancton et petits poissons). Les juvéniles croissent dans des habitats intertidaux du littoral et certaines espèces séjournent longtemps dans les estuaires. Même si, comparativement aux pressions de la pêche, la pollution touche relativement peu les populations de saumons, on a quand même observé des pertes d'habitat localisées, notamment le faible volume d'oxygène dissous dans les eaux de l'inlet Neroutsos et de l'inlet Alberni et la toxicité aiguë mesurée dans les habitats intertidaux de Port Alice (inlet Neroutsos), Gold River (inlet Muchalat) et Woodfibre (baie de Howe). En 1989, on a estimé que des habitats benthiques d'une superficie totale de 117 km^2 avaient été directement étouffés, soit par les résidus miniers — surtout à l'inlet Rupert —, soit par les déchets ligneux présents dans les effluents des usines de pâtes.

En outre, la contamination étendue de l'écosystème marin par de faibles quantités de produits chimiques organiques constitue une menace encore indéfinie. Ainsi, la pêche aux crabes, aux crevettes et aux huîtres a été interdite après que l'on eut constaté que les concentrations de dioxines dans les sédiments près des points de rejet des usines de pâtes dépassaient le seuil de tolérance pour la consommation humaine. Ces endroits font maintenant l'objet d'une surveillance régulière. Les concentrations de dioxines chez les espèces touchées n'avaient pas baissé à la fin de 1990 (les premières fermetures de zones de pêche datent de la fin de 1989), malgré que certains propriétaires d'usines de pâtes aient tenté de réduire le rejet de dioxines; en fait, les concentrations ont augmenté dans certaines régions touchées par les fermetures.

FIGURE 8.8

Prises commerciales de saumons en Colombie-Britannique, 1978–1988



Source : Pêches et Océans Canada.

Dernièrement, certaines pertes d'habitat ont été compensées par les effets de la nouvelle politique gouvernementale de gestion de l'habitat du poisson prohibant toute perte nette de régions productrices de poissons. Toutefois, des habitats importants ont été perdus avant que la politique n'entre en vigueur. C'est peut-être au tournant du siècle que s'est produite la plus grande destruction et ce, dans l'estuaire du fleuve Fraser près de Vancouver : environ 75 % des milieux humides de l'estuaire ont été asséchés à des fins agricoles, si bien qu'ils ne pouvaient plus subvenir aux besoins des poissons et des autres formes de faune aquatique (voir le chapitre 16). La perte possible d'habitats au profit de l'urbanisation et de l'industrialisation reste un sujet de préoccupation, surtout dans le cas d'importants estuaires comme ceux du fleuve Fraser et des rivières Squamish, Nanaimo et Cowichan, qui servent tous d'habitat à de grandes populations de saumons.

Les barrages

Durant les années 1950 et au début des années 1970, divers organismes ont proposé la construction de barrages pour la production d'énergie hydroélectrique et la lutte contre les inondations dans le réseau hydrographique du Fraser, mais ces projets ont suscité une vive opposition et ils ont été réalisés sur des cours d'eau qui ne servent pas d'habitat au saumon, comme la rivière de la Paix et la partie supérieure du Columbia. Plus récemment, on a proposé la Stikine, une grande rivière à saumon, comme site d'un projet hydroélectrique, mais les pressions croissantes en faveur de la conservation de l'énergie ont réduit le besoin de nouvelles sources d'hydroélectricité.

Des pressions viennent aussi du secteur privé. En 1957, l'Alcan Smelters and Chemical Ltd. a construit le barrage Kenny sur la rivière Nechako, un affluent du Fraser, et détourné l'eau au moyen d'un tunnel qui traversait la chaîne Côtière jusqu'à sa centrale électrique de la rivière Kemano. En 1979–1980, la compagnie a réduit le débit de la Nechako à seulement un tiers de ce qui est considéré nécessaire à la sauvegarde de la production de saumons chinooks. Après des recours judiciaires tant par le gouvernement fédéral que par la compagnie, les deux parties ont opté pour un règlement à l'amiable en 1987. On a accordé à Alcan le droit d'utiliser l'eau de la Nechako, à la condition qu'elle surveille et protège le saumon de la rivière, un compromis auquel certains citoyens continuent de s'opposer. Plus récemment, les tribunaux ont décidé que le projet fera l'objet d'une évaluation d'impact environnemental.

L'état des stocks du Pacifique

Le saumon

Six cents stocks de cinq espèces de saumons fraient dans plus de 1 800 cours d'eau en Colombie-Britannique. Idéalement, chaque stock devrait être géré individuellement; en pratique, seuls les stocks les plus gros et ayant la plus grande importance économique font l'objet d'une surveillance étroite tandis que les populations plus petites ou moins productives ne sont pas gérées directement.

Partout dans le Pacifique Nord, les captures de saumons ont atteint des niveaux sans précédent vers la fin des années 1980. Les pêcheurs canadiens ont ramené en moyenne 11 % environ (80 000 t) de la récolte annuelle de près de 750 000 t au cours des cinq dernières années, venant ainsi au quatrième rang après les États-Unis, le Japon et l'URSS (figure 8.9). Depuis les années 1960, les efforts de protection et de valorisation des stocks ont contribué à accroître les captures. Environ 4,7 milliards de saumons d'élevage ont été lâchés dans les eaux du Pacifique Nord en 1987 et l'on s'attend à ce que ce nombre s'élève à 6–7 milliards d'ici l'an 2000. La valorisation du saumon représentait 10 à 15 % du total des prises canadiennes à la fin des années 1980 (voir la figure 8.10).

Les prises de saumons nerka, rose et kéta ont augmenté lentement dans les années 1980. Pour le saumon nerka, le nombre d'échappées (poissons qui survivent aux efforts de pêche et qui se trouveraient, estime-t-on, dans les frayères) est stable ou à la hausse pour les stocks gérés ou mis en valeur de manière intensive grâce à l'amélioration des cours d'eau et à la fertilisation des lacs. Bien que les saumons roses du Fraser soient en bon état, d'autres stocks de la portion méridionale de la côte connaissent une baisse; au centre et dans le Nord, les stocks sont stables ou se reconstituent lentement. Le nombre de saumons kétas qui atteignent les frayères est très variable et les données à cet égard sont incomplètes. Des recherches sont nécessaires pour déterminer si les montaisons de saumons kétas qui fréquentent le centre et le nord du littoral ont diminué.

Dans les années 1960 et au début des années 1970, les captures de saumons coho et chinook (pêches commerciale et sportive) ont augmenté régulièrement, tandis que le nombre de poissons d'élevage capturés montait en flèche pour atteindre 40 % du total des prises

en Colombie-Britannique. Les stocks sauvages des deux espèces ont diminué au large de la portion méridionale de cette province depuis les années 1950, ce qui a occasionné une baisse de 60 % du nombre d'échappées et de poissons sauvages dans les captures. Les études démontrent que l'on prélève souvent de 75 % à 80 % d'une génération. Le saumon chinook a tendance à demeurer dans les eaux côtières et il peut être capturé tout au long de sa vie en mer. Par conséquent, le taux de récolte a dépassé 75 %, chiffre trop élevé pour assurer la viabilité du stock. À quelques exceptions près, toutefois, les effectifs se reconstituent sous l'action des plans de gestion mis en œuvre dans le cadre du Traité canado-américain concernant le saumon du Pacifique.

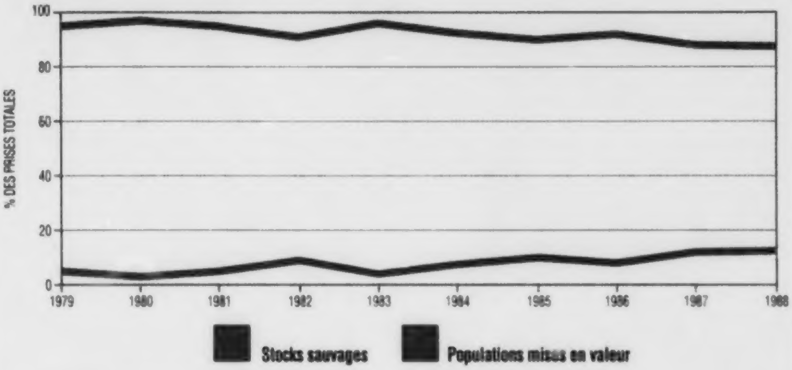
Le hareng

Au cours des années 1950 et 1960, les harengs ont fait l'objet d'une pêche intense pour l'huile et la farine que l'on pouvait en tirer. Comme le recrutement était inférieur à la moyenne au milieu des années 1960, cette pêche s'est effondrée et elle a été interdite en 1968. Les populations se sont rétablies rapidement (figure 8.11) et la pêche au frai (œufs) a été entreprise en 1972.

La pêche des harengs rogués (femelles qui contiennent des œufs) en Colombie-Britannique exige des mesures de gestion spéciales pour protéger les stocks de géniteurs contre la surpêche. La pêche est courte et intense et les stocks sont exploités par une flotte dotée d'une énorme capacité de pêche : certaines campagnes de pêche ne durent même pas une heure. Depuis 1982, les pêches ont été gérées en vertu d'une politique de « taux de récolte fixe ». Ainsi, chaque année, seulement 20 % de la biomasse prévue est allouée aux pêcheurs de harengs; de plus, si la biomasse d'une population est faible, la pêche peut être interdite dans cette région pour protéger le stock de géniteurs. En général, les évaluations de suivi de ce stock ont confirmé la validité des mesures de gestion. La pêche du hareng a été interdite dans le sud de la Colombie-Britannique en 1986 et dans les îles de la Reine-Charlotte en 1988, les stocks étant alors peu abondants.

FIGURE 8.10

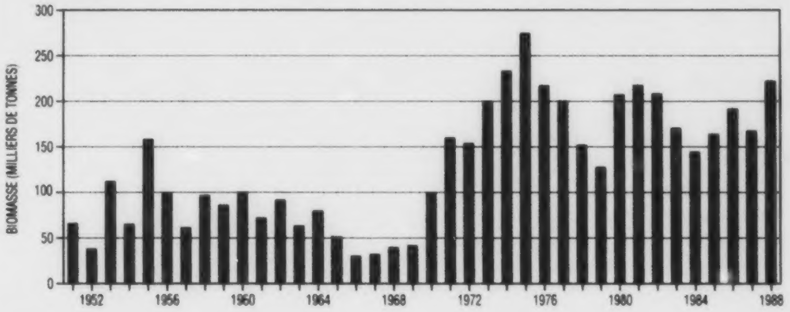
Contribution des programmes de valorisation aux prises totales de saumons en Colombie-Britannique, 1979–1988



Source : Pêches et Océans Canada.

FIGURE 8.11

Biomasse des harengs du Pacifique reproducteurs en Colombie-Britannique, 1951–1988



Source : Pêches et Océans Canada.

Les poissons de fond

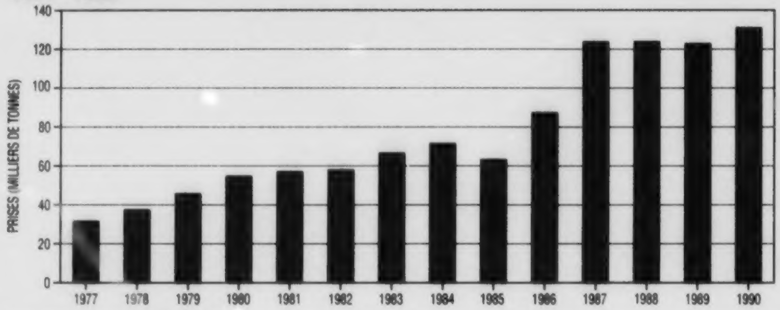
Les pêcheurs de poissons de fond de la portion canadienne de la côte du Pacifique utilisent une diversité d'engins pour capturer plus de 20 espèces de poissons, à des profondeurs allant de 100 m à plus de 1 000 m. Par ordre d'importance économique, les principales espèces sont le flétan, la morue charbonnière, le bar rayé, le merlu du Pacifique, la morue du Pacifique et la plie.

Les tendances de la production combinée de toutes les espèces récoltées reflètent probablement le mieux l'état des stocks de poissons de fond. La pêche est gérée sur une base annuelle; les totaux des prises admissibles fixés tous les trois mois peuvent comprendre une limitation du nombre de sorties ou des fermetures sélectives. Les évaluations récentes des stocks indiquent que, dans l'ensemble, la majorité des populations de poissons de fond sont dans un état satisfaisant.

La plupart des stocks de poissons de fond du Pacifique sont à un niveau raisonnable, mais le total des prises admissibles est réparti entre des bateaux de pêche de plus en plus nombreux, ce qui nécessite des campagnes de pêche plus courtes ou une réduction des limites par sortie. L'augmentation du

FIGURE 8.12

Prises totales des poissons de fond du Pacifique en Colombie-Britannique, 1977–1990[a]



[a] Les données de 1989–1990 sont des estimations préliminaires.

Source : Pêches et Océans Canada.

nombre de règlements est à la source de disputes avec l'industrie, et celle-ci continue à exercer des pressions sur les gestionnaires pour faire augmenter le niveau des prises.

Depuis l'établissement de la limite de 200 milles en 1977, la flotte canadienne de pêche du poisson de fond a quadruplé. Cela se reflète dans les débarquements déclarés, qui sont passés d'environ 30 000 t en 1977 à plus de 130 000 t en 1990 (figure 8.12). Au cours de la même période, la pêche étrangère de toutes les espèces de poissons de fond sauf le merlu a été éliminée graduellement. On mettra fin à la pêche étrangère du merlu en 1992.

Tout comme sur la côte est, la surcapacité de la flotte commerciale par rapport au rendement constant des poissons de fond est un problème majeur. La pêche sportive de certains poissons de fond (bar rayé et morue-lingue) prend rapidement de l'ampleur, ce qui ajoute aux pressions subies par ces espèces. C'est ce qui explique la diminution de trois populations de poissons de fond à la fin des années 1980. Les stocks de morues-lingues n'avaient jamais été aussi bas dans le détroit de Georgie. Les stocks de bars rayés du détroit sont également peu abondants, et il en va de même des stocks de sébastes du Pacifique.

Le flétan

La pêche du flétan compte parmi les pêches les plus anciennes et les plus rentables de la côte du Pacifique. Cette pêche est réglementée depuis la conclusion, en 1923, de la Convention canado-américaine pour la préservation de la pêche au flétan visant à remédier à la diminution des stocks causée par la surpêche. Les stocks, une fois rétablis, ont été à la base d'une pêche lucrative et soutenue jusqu'à ce que les chalutiers hauturiers d'autres nations réduisent sérieusement le recrutement. Une fois la pêche étrangère limitée, les stocks se sont reconstitués et les prises de flétans ont augmenté de 250 % au début des années 1980.

Après 1986, toutefois, la biomasse de flétans s'est mise à diminuer. Le total des prises admissibles était de 3 600 t en 1990, comparativement au niveau presque record de 5 700 t en 1988. Ce renversement récent de la situation peut être attribué à l'augmentation des prises fortuites de flétans juvéniles par les chalutiers américains en Alaska. Le taux de mortalité de ces juvéniles a eu des répercussions importantes sur l'ensemble de la population de flétans, de la mer de Béring jusque dans les eaux de l'État de Washington. En juillet 1991, la Commission internationale du flétan du Pacifique et le gouvernement du Canada ont réussi à convaincre les États-Unis de réduire de 25 % les prises fortuites d'ici 1993.

Les pêches de l'Arctique

Les poissons et mammifères marins de l'Arctique ont fourni aux Inuit leur subsistance pendant des milliers d'années et la pêche commerciale qui se développe contribuera à diversifier l'économie du Nord. Autrefois capturé presque uniquement pour satisfaire des besoins domestiques, l'omble chevalier est aujourd'hui la principale espèce pêchée à des fins commerciales (Bird et Rapport, 1986).

En raison de statistiques insuffisantes sur la pêche, et notamment sur la pêche de subsistance, il est difficile d'évaluer avec précision la taille de la plupart des stocks de poissons de l'Arctique, le niveau de leur exploitation ainsi que les tendances touchant leur abondance et les biomasses. Les statistiques sur les prises commerciales et sportives sont un peu plus complètes, mais il y a place pour l'amélioration (Crawford, 1989).

La plupart des populations de poissons de l'Arctique semblent généralement en bonne santé, sauf pour quelques stocks d'ombles chevaliers. Les effets de la chasse intensive de la baleine pratiquée par le passé sont encore visibles aujourd'hui chez la population de baleines boréales et certains stocks de bélugas. La pêche des crevettes et des poissons de fond dans les détroits de Davis et d'Hudson devra faire l'objet d'une surveillance étroite.

Les projets d'exploitation pétrolière et gazière à venir et le transport à grande distance des polluants atmosphériques — dont la réduction nécessitera une collaboration internationale — peuvent altérer une grande variété de formes de vie marine dans l'Arctique. Des observations récentes révèlent que la consommation du pannicule adipeux des mammifères marins favorise l'introduction de composés organochlorés dans l'organisme humain.

Le poisson

La plupart des stocks d'ombles chevaliers sont stables, mais la pêche intérieure n'est pas réglementée et de nombreux stocks vivant près des collectivités font l'objet d'une exploitation

intensive. Les rivières où l'on trouve des stocks surexploités ont été fermées pour favoriser le rétablissement de l'omble (p. ex., la rivière Diana près de l'inlet Rankin et la rivière Big Fish près d'Aklavik). Quelques stocks éloignés font l'objet d'une pêche commerciale, mais il existe encore un grand nombre de populations qui ne sont pas exploitées.

Diverses espèces de corégones — le corégone tschir, le grand corégone, le cisco arctique, le cisco sardinelle et l'inconnu — sont activement pêchées dans l'ouest de l'Arctique; elles sont capturées dans les branches du delta du Mackenzie et le long de la côte, surtout à l'est du delta. Une étude des pêches du delta du Mackenzie indique que 81 % des captures sont destinées à la consommation intérieure et que ces captures sont composées à 62 % de corégones tschirs ou de grands corégones.

Les poissons de mer (135 espèces) vivant dans les eaux arctiques sont peu exploités et l'on connaît mal leur répartition, leur histoire naturelle et la dynamique de leurs populations. La morue arctique, qui constitue une source importante de nourriture pour un grand nombre d'espèces de poissons, d'oiseaux et de mammifères, est probablement l'espèce la plus importante.

Une pêche de subsistance locale, de peu d'importance, fait un usage limité de l'ogac, de la morue du Nord, de la morue polaire, de la morue de l'Atlantique, du capelan, de la plie étoilée, de la plie arctique, du requin du Grœnland, du cycloptère et de divers chabots du Nord.

Récemment, deux espèces ont fait l'objet de pêches commerciales exploratoires : le hareng du Pacifique dans l'ouest de l'Arctique et le flétan du Grœnland dans l'est de l'Arctique. Les récoltes de flétans du Grœnland ont augmenté rapidement, passant de moins de 2 t en 1986 à environ 100 t en 1989.

Les mammifères marins

« Les mers du nord étaient (et sont) suffisamment riches pour assurer la subsistance d'une multitude de mammifères marins », écrit Fred Bruemmer dans *L'Arctique* (Bruemmer, 1976). Cette multitude a diminué, mais les baleines boréales, les bélugas, les narvals, les morses et cinq espèces de phoques continuent d'habiter les eaux arctiques du Canada. Sauf pour les baleines boréales, plusieurs stocks de chacune de ces espèces font l'objet d'une pêche de subsistance. Les baleines boréales sont considérées officiellement comme menacées par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada du fait de la chasse commerciale pratiquée dans le passé. Les stocks de l'est de l'Arctique montrent peu de signes de rétablissement, même s'il n'y a pas de chasse. Le stock de l'ouest de l'Arctique, par contre, est en bonne voie de rétablissement, ce qui permet une importante activité de chasse par les Inuit de l'Alaska. En 1991, les Inuvialuit de l'ouest de l'Arctique canadien ont obtenu un permis de capture d'une baleine boréale, comme les y autorise la Constitution pour préserver cet élément de leur culture.

En 1987, plus de 4 000 résidants de 34 collectivités arctiques ont récolté, selon les rapports, 662 bélugas, 181 narvals, 319 morses et probablement plus de 40 000 phoques de toutes les espèces. Avant l'effondrement du marché international de la fourrure en 1983, les chasseurs du Nord récoltaient environ 61 000 phoques annuellement. Aujourd'hui, les peaux sont souvent jetées, car elles ne trouvent preneur sur aucun marché. D'autres produits des mammifères marins, comme l'ivoire du narval et du morse et les fanons des baleines, servent souvent à faire des sculptures et d'autres objets d'art. Ces produits rapportent environ 2 millions de dollars par année aux collectivités locales.

Les populations de baleines boréales de l'ouest de l'Arctique et les populations de bélugas de certaines parties de la baie d'Hudson, de la baie d'Ungava et du sud-est de l'île de Baffin sont maintenant réduites du fait de la chasse pratiquée dans le passé. Ailleurs, les stocks de bélugas semblent relativement peu touchés. En outre, l'aire de répartition et probablement le nombre des morses et des phoques communs ont été réduits. Quant aux autres espèces de phoques et aux narvals, rien ne permet d'affirmer que les niveaux de récolte ne peuvent être soutenus.

Les phoques annelés et les phoques du Grœnland représentent respectivement 84 % et 12 % des phoques chassés dans le Nord canadien. Le phoque barbu, qui représente 4 % des captures, vient au troisième rang; il est par ailleurs essentiel à la culture des Inuit, laquelle est inséparable des ressources. Les phoques à capuchon et les phoques communs ont relativement peu d'importance. Aucune de ces espèces ne semble menacée par le taux d'exploitation actuel. On trouve des phoques annelés dans toutes les régions arctiques : c'est le phoque le plus abondant et le plus répandu dans le Nord canadien. On estime à 6 ou 7 millions leur nombre dans l'océan Arctique.

Les pêches en eau douce

Le Canada possède une bonne partie des réserves mondiales d'eau douce, dont sept des plus grands lacs du monde, qui servent d'habitat à quelque 180 espèces de poissons. Dans plusieurs régions du pays, les espèces de truites sont économiquement les plus importantes; elles sont suivies du doré, de la perchaude, de l'éperlan arc-en-ciel, du corégone, du grand brochet et de diverses espèces de bars (tableau 8.3).

Les pressions anthropiques exercées sur les stocks de poissons d'eau douce

Les stocks de poissons d'eau douce vivant près de lieux densément peuplés sont en baisse, principalement en raison de la surpêche et de la dégradation de leur habitat. Ce phénomène est le plus évident dans certaines parties du sud des provinces de l'Ouest, dans la région des Grands Lacs et dans quelques régions des provinces de l'Atlantique. Les Grands Lacs, en particulier, présentent tous les symptômes d'un écosystème agressé : prolifération d'espèces exotiques à durée de vie limitée et disparition des espèces

TABLEAU 8.3

Pêches en eau douce dans les principaux bassins hydrographiques du Canada

Bassin hydrographique	Endroit	Espèce importante	Type de pêche
Atlantique, sauf les Grands Lacs[a]	Nord de l'Ontario, Québec, Nouveau- Brunswick, Labrador	truites mouchetée, brune et arc-en-ciel, touladi; doré, bar, grand brochet, perchaude, bar-perche et bar d'Amérique; éperlan; saumon du Pacifique et grand corégone (introduits)	pêche sportive
		gaspareau, éperlan	pêche commerciale
Pacifique		truites arc-en-ciel et fardée, touladi; Dolly Varden, saumon kokani, ombre arctique, omble de fontaine, corégone	pêche sportive et pêche de subsistance
Baie d'Hudson		grand corégone, doré, perchaude, grand brochet, doré noir, meunier (suceurs), omble chevalier, omble de fontaine	pêche de subsistance
	régions de l'Ouest	corégone, truite fardée	pêche sportive
	régions du Sud	doré, grand brochet, perchaude, truite arc-en-ciel	pêche sportive
	régions du Nord et de l'Est	touladi et truite mouchetée, ombre arctique, esturgeon de lac	pêche sportive
Arctique		doré, grand corégone, grand brochet, ombre arctique, touladi, omble chevalier	pêche de subsistance, pêche sportive et pêche commerciale
	Grand Lac des Esclaves	grand corégone, touladi, inconnu, doré, grand brochet	pêche commerciale

[a] Voir le chapitre 18 pour plus de détails sur la pêche dans les Grands Lacs

indigènes plus désirables, et présence de quantités importantes de contaminants rémanents dans les organismes aquatiques et les sédiments. Les effets des dépôts acides sont généralisés, quoiqu'ils diminuent dans l'est du Canada; même dans les endroits assez éloignés, l'exploitation forestière et minière et la construction de barrages altèrent l'équilibre de la vie aquatique. La contamination des poissons par le mercure et divers polluants organiques est non seulement nuisible aux poissons mais elle peut, à des concentrations suffisamment élevées, les rendre impropres à une consommation fréquente par les humains.

Dans toutes les zones aménagées du Canada, la pêche sportive en eau douce supplante la pêche commerciale : elle est maintenant plus de deux fois plus importante, totalisant en moyenne plus de 100 000 t par année. Par ordre décroissant, ce sont l'Ontario, le Québec, l'Alberta, la Colombie-Britannique, la Saskatchewan et le Manitoba qui possèdent les pêches sportives les plus importantes (Beamish et collab., 1987). La contribution de la pêche sportive à l'économie canadienne s'élève à plus de 4,4 milliards de dollars par année. L'ampleur de cette activité a conduit à une certaine surpêche, situation qu'aggrave la répartition inégale des efforts de pêche, au point de vue tant de la géographie que des espèces capturées. Les stocks des lacs éloignés sont généralement peu exploités, mais lorsque les chemins pratiqués par les entreprises forestières et minières rendent ces endroits plus accessibles, les pêcheurs à la ligne ne tardent pas à arriver. Les gestionnaires favorisent diverses stratégies pour freiner l'accroissement de la pêche sportive : limitation du nombre de prises, rejet immédiat des prises, emploi d'hameçons sans barbe et restrictions touchant la taille des poissons pouvant être capturés.

De 1955 à 1982, les prises commerciales annuelles de poissons d'eau douce au Canada ont atteint en moyenne 50 800 t; en 1990, elles se sont élevées à 45 000 t (tableau 8.1). Elles ont atteint un minimum de 39 700 t en 1976 et un maximum de 62 000 t en 1962. Plus de 20 espèces sont capturées par les pêcheurs commerciaux. Les plus recherchées sont le doré, la perchaude, le grand corégone, l'éperlan, le gaspareau et le grand brochet.

En poids, les captures de l'Ontario, du Manitoba et de la Saskatchewan représentent respectivement environ 49 %, 33 % et 10 % des débarquements. Viennent ensuite celles des Territoires du Nord-Ouest, de l'Alberta, du Nouveau-Brunswick et du Québec. En Ontario et en Saskatchewan, les tendances ne sont pas fermes. Les captures ont diminué au Manitoba à la fin des années 1960 et dans les années 1970, puis elles ont repris dans les années 1980. Les récoltes commerciales ont baissé en Alberta, au Québec, au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest (Beamish et collab., 1987). Dans les Territoires du Nord-Ouest, la baisse est attribuable à une réduction de l'effort due à la faiblesse des prix et aux coûts élevés et non à l'épuisement des stocks.

Quoique vitales localement pour les peuples autochtones, les pêches de subsistance sont généralement les moins importantes des pêches intérieures. Dans l'Arctique, toutefois, elles ont probablement une importance égale sinon supérieure à la pêche commerciale, mais les données ne sont pas concluantes à ce sujet.

La pêche dans les Grands Lacs : sauvée *in extremis*

Malgré trois siècles marqués par la dégradation de l'habitat, la surpêche et l'introduction d'espèces exotiques, les Grands Lacs continuent de soutenir l'une des plus grandes industries de pêche commerciale en eau douce du monde; en fait, les captures qui s'y font représentent plus de la moitié de la valeur totale au débarquement des pêches commerciales intérieures du Canada.

Les Grands Lacs constituent également l'un des plus grands sites de pêche sportive en eau douce du monde. La valeur économique brute générée par les Grands Lacs a été estimée à 4 milliards de dollars par année (Boulanger et Charbonneau, 1989). En 1988, les prises de la pêche commerciale se sont élevées à 28 000 t de poissons, d'une valeur approximative de 55 millions de dollars. Environ 2 000 pêcheurs travaillaient à bord de quelque 300 bateaux de pêche commerciaux enregistrés, et l'industrie emploie 3 000 personnes dans 180 usines de transformation. Les pêcheurs de subsistance qui exercent leurs activités dans les Grands Lacs sont peu nombreux et leurs captures représentent moins de 2 % des prises commerciales en Ontario.

La pêche d'un certain nombre d'espèces a diminué à long terme dans les Grands Lacs. Les prises commerciales de touladis, par exemple, sont très faibles ou inexistantes, tandis que la situation était tout autre au début du siècle. On a pêché le doré bleu (connu aussi sous le nom de brochet bleu) jusqu'à l'épuisement des stocks, et des espèces habituellement moins prisées comme le chabot, la perchaude, l'anguille d'Amérique, le bar-perche, le grand corégone, le poisson-lune et la carpe constituent aujourd'hui la plus grande part des captures commerciales dans le lac Ontario. Mais il y a aussi des signes encourageants : les stocks de grands corégones, qui avaient connu des baisses marquées au début des années 1960 par suite de la surpêche et de la prédation de la lamproie marine, se rétablissent maintenant dans les lacs Huron et Supérieur.

Dans les Grands Lacs d'aval (Érié et Ontario), il a fallu payer un lourd tribut à la pollution. Par exemple, plus de 10 % des quelque 75 espèces qui peuplaient autrefois le lac Ontario ont disparu (Christie, 1973). Certaines tentatives visant à réintroduire des espèces telles que le saumon de l'Atlantique et le touladi ont eu peu de succès, mais les efforts en ce sens continuent.

La pollution constitue une préoccupation particulière dans le bassin hydrographique des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. La présence de contaminants s'est répercutée sur d'importantes activités de pêche au cours des deux dernières décennies puisqu'elle a entraîné la fermeture de certaines zones de pêche et qu'elle a miné la confiance du public. La contamination par le mercure a conduit à la fermeture du lac Sainte-Claire et de la partie ouest du lac Érié en 1970. Bien que certaines zones de pêche aient été rouvertes en 1973, d'autres demeurent interdites aux opérations commerciales et les contingents de poissons ont été redistribués parmi les pêcheurs sportifs. Certaines zones des lacs Ontario et Supérieur ont également dû être interdites temporairement après qu'on eut détecté la présence de mercure. Plusieurs zones contaminées par l'insecticide mirex ont également été fermées à la pêche pour un temps dans le lac Ontario. Quant aux BPC, leur présence limite grandement la récolte de carpes dans la plus grande partie des lacs Ontario et Michigan. D'ailleurs, la pêche commerciale du saumon du Pacifique a été interdite dans les lacs Ontario, Érié et Huron en 1976, après que des concentrations dangereuses de BPC aient été détectées; là aussi, les contingents sont redistribués parmi les pêcheurs sportifs.

Délibérée ou accidentelle, l'introduction de nouvelles espèces dans les Grands Lacs a eu des effets positifs aussi bien que négatifs. Le fait d'ensemencer les Grands Lacs de saumons du Pacifique, de truites arc-en-ciel et de truites brunes a beaucoup favorisé la pêche sportive dans l'ensemble du secteur. Cette pêche fournit plus de 5 % des prises sportives actuelles en Ontario, d'une valeur de plus de 351 millions de dollars par année; elle a en outre mis fin aux pressions de la pêche sur le touladi, une espèce dont on tente de rétablir les effectifs.

Le gaspareau et l'éperlan arc-en-ciel constituent aujourd'hui une part importante du régime alimentaire des salmonidés, tant exotiques qu'indigènes. Toutefois, ces salmonidés ont éliminé ou décimé les populations de poissons de fourrage, comme le hareng de lac, qui ont toujours eu de l'importance dans les Grands Lacs. Introduite dans ce milieu, la carpe commune détruit l'habitat marécageux de façon directe en déracinant les plantes dans sa recherche de nourriture (Powles et collab., 1983), et de façon indirecte en augmentant la turbidité de l'eau (Whillans, 1979).

Originaire de l'océan Atlantique, la lamproie marine est une espèce parasite qui a envahi le lac Ontario dans les années 1800 puis les autres Grands Lacs dans les années 1930, en passant par le canal Welland. En tuant le touladi, la lamproie a contribué à la quasi-extinction des stocks originels de cette espèce dans tous les Grands Lacs, à l'exception du lac Supérieur. La destruction des frayères par des moyens chimiques a grandement réduit le nombre des lamproies, mais il est probable que cette espèce ne sera jamais totalement éliminée.

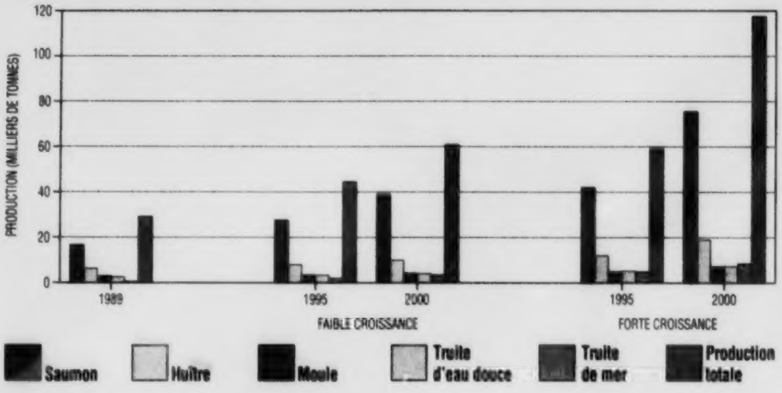
L'AQUICULTURE AU CANADA

Même si la protection et le maintien de stocks de poissons sauvages continueront d'être d'un intérêt vital, on comptera davantage sur l'aquiculture dans les décennies à venir, à la fois comme source importante de protéines et comme activité commerciale. L'aquiculture intensive est déjà le principal secteur de croissance de l'industrie de la pêche au Canada. La production totale, en 1982, était de 4 686 t (valeur de 13 millions de dollars). En 1988, la production avait grimpé à 22 000 t (valeur de 100 millions de dollars). La figure 8.13 illustre des projections de faible et forte croissance jusqu'en l'an 2000 pour le saumon, les huîtres, les moules, la truite d'eau douce et la truite de mer.

Au point de départ, l'industrie s'est intéressée surtout à l'ostréiculture (huîtres) en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique, et à la salmoniculture (saumons et truites) au Québec et en Ontario. Les espèces les plus importantes aujourd'hui sont le saumon, la moule du Pacifique et la

FIGURE 8.13

Potentiel de croissance de l'aquiculture canadienne jusqu'en l'an 2000



Source : Pêches et Océans Canada.

moule de l'Atlantique, mais le potentiel du pétoncle, du flétan, de l'omble chevalier et de la morue, dont la morue charbonnière, reste à exploiter. On fait actuellement des recherches sur la croissance, la nutrition, la génétique, la physiologie et la santé du poisson et sur les incidences environnementales et le potentiel aquicole des espèces candidates.

Les principaux facteurs influant sur l'aquiculture

L'une des principales raisons du succès de l'aquiculture au Canada jusqu'à présent réside dans la disponibilité de ressources en eau douce et en eau salée non polluées. La salubrité de l'eau est essentielle à la culture de tous les organismes aquatiques. Les coquillages filtreurs comme les huîtres et les moules captent tout ce qui se trouve dans l'eau et peuvent donc être contaminés. Les poissons tels que le saumon et la truite sont élevés dans des conditions de forte densité, et la réduction des stress physiques et l'élimination des déchets nécessitent un apport continu d'eau propre et bien oxygénée.

Déjà, des concentrations naturelles élevées de métaux et d'acidité dans les eaux douces ont imposé des limites à la salmoniculture dans certaines régions. Les organismes d'élevage sont plus sujets aux maladies que les populations sauvages en raison du stress occasionné par l'entassement. Les activités récentes de recherche et de développement ont été axées sur les méthodes de diagnostic, de prévention, de contrôle et d'élimination des maladies. L'épuration insuffisante des eaux d'égout dans les régions côtières entravera grandement la croissance de l'industrie des coquillages et crustacés, ce qui suscitera des conflits entre les centres d'élevage, le public et les organismes gouvernementaux.

Certains phénomènes naturels ont été préjudiciables à l'aquiculture, spécialement dans les eaux côtières. Les algues brunes (*Heterosigma akashiwo*) ont causé la mort d'un grand nombre de saumons d'élevage en Colombie-Britannique en 1986 et en 1989. Le phytoplancton toxique, qui prolifère à intervalles saisonniers, peut être absorbé par les coquillages filtreurs et se concentrer dans la chair de ces espèces. Les coquillages eux-mêmes ne sont pas touchés, mais ils peuvent provoquer des maladies graves et même la mort lorsqu'ils sont consommés par les humains. Par conséquent, les aires d'élevage des coquillages et des crustacés sur les deux côtes sont étroitement surveillées et l'on procède à des fermetures au besoin. Les établissements de mytiliculture (moules) dans la région atlantique, par exemple, ont été fermés en 1987 après que l'on eut détecté la présence d'acide domoïque dans les coquillages d'élevage de l'île du Prince-Édouard.

À l'origine, toutes les exploitations aquicoles du Canada dépendaient des populations sauvages pour leurs stocks de reproducteurs ou leurs œufs et alevins. Au début, la pénurie de stocks sauvages appropriés a parfois limité la croissance de certains secteurs de l'industrie, jusqu'à ce que celle-ci développe sa propre capacité de production de reproducteurs (p. ex., le saumon d'élevage de la Colombie-Britannique et des provinces atlantiques). L'exploitation aquicole de coquillages ou de crustacés et de certains poissons comme le thon et la morue, dont la morue charbonnière, est encore largement tributaire des sources naturelles de reproducteurs.

Les problèmes environnementaux possibles

La croissance rapide de l'industrie aquicole a fait craindre divers problèmes environnementaux, quoique la majorité d'entre eux ne se soient pas matérialisés. La qualité de l'eau au voisinage des exploitations aquicoles peut subir des altérations, étant donné que le surplus de nourriture des poissons et les matières fécales éliminées par ceux-ci peuvent injecter un excès de nitrates et de phosphates dans les eaux environnantes. Les installations aquicoles peuvent également polluer ces eaux en rejetant d'autres matières tels les déchets de plastique et de papier et les poissons morts. Ces problèmes ont été le plus fréquemment reliés à l'aquiculture marine sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique et c'est pourquoi on élabore des règlements qui réduiront ces effets au minimum.

Les pressions se sont faites de plus en plus fortes pour que l'on transplante les poissons d'une région à l'autre et que l'on introduise des espèces exotiques. Certains s'inquiètent de ce que ces transplantations puissent amener des maladies qui toucheraient tant les poissons sauvages que les poissons

d'élevage. Toutefois, des règlements sévères ont été adoptés pour empêcher l'importation et le transfert interprovincial de poissons infectés. Le fait que des poissons d'élevage s'échappent des établissements aquicoles pourrait avoir une incidence sur la variabilité génétique des stocks sauvages s'il y avait reproduction mixte, et les espèces ou stocks indigènes pourraient être évincés par les espèces d'élevage.

La biotechnologie, boîte de Pandore des temps modernes, suscitera bien des préoccupations au sujet de l'effet, sur les populations sauvages, de stocks issus du génie génétique. La biotechnologie a permis la manipulation génétique des stocks, y compris l'inversion sexuelle, la stérilisation et le clonage. On ne sait pas comment des stocks ainsi manipulés peuvent influer sur les stocks locaux. Les chercheurs se penchent sur ces questions lorsqu'ils évaluent les incidences environnementales des projets d'aquiculture.

Les installations d'aquiculture peuvent entrer en conflit avec d'autres intérêts comme la navigation, la pêche commerciale et sportive et la navigation de plaisance. Des agents antisalissures, des antibiotiques et d'autres produits chimiques utilisés en aquiculture peuvent s'accumuler dans la chair des sujets d'élevage ou des stocks sauvages qui vivent près des installations aquicoles. Absorbées avec la nourriture, ces substances peuvent, même en faibles quantités, altérer la santé des humains. Certaines mesures ont été prises pour réduire le danger de contamination chimique : ainsi, on a mis un terme à l'utilisation de l'agent antisalissures tributylétain en aquiculture et interdit l'administration d'antibiotiques et d'autres médicaments pendant une période précise avant la récolte des poissons.

Les mesures de gestion ont permis d'éviter un grand nombre des problèmes environnementaux appréhendés. Par exemple, les propositions touchant l'emplacement d'exploitations aquicoles font l'objet d'un examen plus approfondi. Les produits de l'aquiculture et les installations de transformation sont soumis aux mêmes formalités d'inspection que celles qui s'appliquent aux poissons vivant à l'état sauvage pour s'assurer qu'ils sont comestibles. On surveille la toxicité des coquillages et crustacés et des régions qui les produisent (p. ex., l'intoxication paralysante par les mollusques, l'acide domoïque). Au fur et à mesure de l'expansion de l'industrie aquicole, il sera nécessaire de continuer à surveiller la santé des poissons d'élevage et de faire en sorte que les mesures de protection environnementale appropriées soient en place.

CONCLUSIONS

Les ressources d'eau douce et d'eau salée du Canada continuent de fournir une part importante des disponibilités alimentaires nationales et elles soutiennent l'économie de maintes collectivités côtières. La plupart des eaux de surface du Canada demeurent productives et relativement non polluées. Toutefois, partout où les populations humaines sont nombreuses et partout où s'exerce une activité industrielle, notamment autour des Grands Lacs et dans les estuaires côtiers, les stocks de poissons et leurs habitats sont menacés. La dégradation de l'habitat et les fortes pressions exercées par l'activité de pêche sont des problèmes courants dans ces régions.

Un grand nombre de stocks de poissons océaniques, tant sur la côte est que sur la côte ouest, ont été considérablement appauvris avant que la zone de pêche du Canada ne soit étendue à 200 milles en 1977. Bien que les stocks de poissons de fond de l'Atlantique se soient grandement rétablis depuis, un grand nombre d'autres stocks continuent de subir la pression de la pêche; les plus durement touchés sont les stocks dont l'habitat chevauche la limite de 200 milles, où les flottes étrangères ne tiennent pas compte des contingents négociés à l'échelon international, et certains stocks domestiques pour lesquels les pêcheurs canadiens font peu de cas des niveaux de capture recommandés. Pour certaines pêches, il y a tout simplement trop de pêcheurs et trop peu de poissons, et il faut réduire l'effort de pêche pour permettre le rétablissement des stocks. D'autres stocks sont soit en bon état, soit plus abondants qu'ils ne l'ont jamais été, et il est nécessaire de continuer de bien gérer ces ressources pour assurer leur conservation. Le Groupe d'examen de la morue du Nord (1990) et le Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond de la région de Scotia-Fundy (1989) ont formulé diverses recommandations en vue de restructurer certaines pêches et de conserver certains stocks.

Sur la côte du Pacifique, les stocks de saumons semblent approcher de leur niveau record, quoique certains stocks aient souffert de la surpêche et de la détérioration de l'habitat. Un effort concerté a été fait pour accroître la production en lâchant des saumons d'élevage dans les rivières à saumon.

Les populations de diverses espèces de phoques augmentent depuis la fin des années 1970 par suite de l'imposition de contingents et de l'effondrement des marchés de la fourrure. Par contre, la pollution constitue encore un danger pour la population de bélugas du Saint-Laurent, une espèce en danger de disparition; dans l'Arctique, les stocks de baleines boréales, de bélugas et de morses restent touchés par la surexploitation dont ils ont été victimes antérieurement. Un nouveau problème est apparu dans le Nord : l'impact du transport à grande distance des contaminants chimiques sur les espèces de poissons et les mammifères marins et sur les humains qui les consomment.

Nombre des stocks isolés de poissons d'eau douce du Canada sont en bon état, tandis que ceux qui vivent près des habitats humains sont contaminés par des produits chimiques toxiques et que certaines espèces, comme le doré bleu, ont été pêchées jusqu'à l'extinction. Le transport à grande distance des polluants atmosphériques contamine même les lacs les plus éloignés. Les dépôts acides ont entraîné la destruction d'habitats et la perte de poissons dans des milliers de lacs de l'est du Canada, et beaucoup de cours d'eau à saumon de la côte est sont maintenant acidifiés.

L'aquiculture peut suppléer la production des stocks de poissons sauvages en vue d'assurer les disponibilités alimentaires et d'apporter aux régions côtières les avantages économiques dont elles ont besoin. Le défi consistera à assurer la mise en place de mesures de protection qui empêcheront cette industrie en pleine croissance de dégrader le milieu aquatique dont dépendent les pisciculteurs et les autres utilisateurs de la ressource.

L'industrie canadienne de la pêche continuera de faire face à diverses pressions imposées par la croissance démographique mondiale. Cette situation nécessitera d'une part de plus grandes disponibilités alimentaires, mais elle occasionnera d'autre part une production accrue de déchets qui nuisent à la productivité naturelle des océans et des eaux intérieures. La gestion des pêches, dans ce contexte, exigera la collaboration des gouvernements (fédéral, provinciaux, municipaux et étrangers) et des divers secteurs de l'industrie, et devra pouvoir compter sur des données exactes et à jour sur l'état des stocks de poissons et des écosystèmes dont ceux-ci sont tributaires. L'état actuel de nos connaissances doit être grandement amélioré pour que l'on puisse répondre à ces besoins.

OUVRAGES CITÉS

Beamish, F.W.H., P.J. Healey et D. Griggs. 1987. *La pêche en eau douce au Canada : rapport concernant la phase I de l'étude nationale.* Fédération canadienne de la faune, Ottawa.

Béland, P. 1988. « Witness for the prosecution. » *Nature Canada*, 17(4) : 9–12.

Bigg, M.A., P.F. Olesiuk, G.M. Ellis, J.K.B. Ford et K.C. Balcomb. 1990. « Social organization and geneology of resident Killer whales (*Orcinus orca*) in coastal water of British Columbia and Washington State. » Pages 383–405 dans : Hammond, P.S., S.A Mizroch et J.P. Donovan (réd.). *Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters.* Rapport soumis à la Commission baleinière internationale. Publication spéciale n° 12.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Boulanger F., et J. Charbonneau. 1989. *An analysis of the contribution of the Great Lakes sea lamprey control program.* Rapport soumis à la Commission de la recherche sur les pêches des Grands Lacs.

Bruemmer, F. 1976. *L'Arctique.* Éd. Optimum, Montréal.

Christie, W.J. 1973. « Changes in the species composition of the Great Lakes. » *Journal du Conseil de recherches sur les pêcheries du Canada.* 31 : 827–854.

Crawford, R. 1989. *Exploitation of Arctic fishes.* Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Drinkwater, K.F. 1988. « The effect of freshwater discharge on the marine environment. » Pages 415–430 dans : Nikolaichuk, W., et F. Quinn (réd.). *Proceedings of the Symposium on Interbasin Transfer of Water: Impacts and Research Needs for Canada, held Nov. 9–10, 1987, at Saskatoon.* Environnement Canada.

Groupe d'examen de la morue du Nord. 1990. *Étude indépendante sur l'état des stocks de morue du Nord.* Rapport définitif. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond de la région de Scotia-Fundy. 1989. *Rapport du groupe de travail sur la pêche du poisson de fond de la région de Scotia–Fundy.* Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Haig-Brown, R. 1980. Page 142 dans : *Bright waters, bright fish: an examination of angling in Canada.* Douglas & McIntyre, en collaboration avec la British Columbia Wildlife Federation.

Marine Research Associates. 1980. *Sensitivity maps for the Canadian offshore fishery.* Lord's Cove, Deer Island, Nouveau-Brunswick.

Massé, R., D. Martineau, L. Tremblay et P. Béland. 1986. « Concentrations and chromatographic profile of DDT metabolites and polychlorobiphenyl (PCB) residues in stranded beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Canada. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15 : 564–579.

McCracken, F.D. (réd.). 1979. *Canso marine environment workshop.* Service des pêches et du milieu marin, St. Andrews, Nouveau-Brunswick.

Olesiuk, P.F., et M.A. Bigg. 1990. « Life history and population dynamics of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. » Pages 209–243 dans : Hammond, P.S., S.A Mizroch et J.P. Donovan (réd.). *Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters.* Rapport soumis à la Commission baleinière internationale. Publication spéciale n° 12.

Olesiuk, P.F., M.A. Bigg et G.M. Ellis. 1990. « Recent trends in the abundance of harbour seals (*Phoca vitulina*) in British Columbia. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 47 : 992–1003.

Powles, P.M., H.R. MacCrimmon et D.A. McRae. 1983. « Seasonal feeding of carp (*Cyprinus carpio*) in the Bay of Quinte watershed, Ontario. » *Canadian Field Naturalist*, 97 : 293–298.

Scarrat, D. J. (réd.). 1982. Page 101 dans : *Atlas des pêches hauurières de l'Atlantique canadien.* Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques (47) (révision).

Sergeant, D.E. 1986. « Present status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St. Lawrence estuary. » *Naturaliste Canadien*, 113 : 61–81.

Wagemann, R., et D.C.G. Muir. 1984. *Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation.* Rapport technique canadien sur les sciences halieutiques et aquatiques n° 1279.

Walton, I., et C. Cotton. 1986. *Le parfait pêcheur à la ligne ou le divertissement du contemplatif.* Oxford University Press, Londres.

Watt, W.D. 1989. « The impact of habitat damage on Atlantic salmon (*Salmo salar*) catches. » *Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, 105 : 154–163.

Whillans, T.H. 1979. « Historic transformations of fish communities in three Great Lakes bays. » *Journal of Great Lakes Research*, 5 : 195–215.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Canadian Field-Naturalist. 1990. Édition spéciale consacrée aux espèces de poissons et aux mammifères marins rares et menacés d'extinction au Canada. *Canadian Field-Naturalist*, 104 (1) : 1–166.

Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1991. *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario.* Imprimeur de la reine pour l'Ontario, Toronto.

Pêches et Océans Canada. 1986. *Politique de gestion de l'habitat du poisson du ministère des Pêches et Océans.* Ottawa.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par Pêches et Océans Canada.

Les principaux collaborateurs sont : W.D. McKone, L.H. Bain, F. Boulanger, J. Fitzgibbon, G. Packman, M. Farquhar, R.J. Paterson et S.J. Stephen, Administration centrale, R. McCubbin et M. Roberge, région de Terre-Neuve, G.C.H. Harding, région Scotia-Fundy, R. Alexander, région du Golfe, P.P. Marchand, région du Québec, J. Fitzsimmons et W.G. Franzin, région centrale et Arctique, et B.D. Smiley, région du Pacifique. Le manuscrit a été revu par B. Kay, région du Pacifique et du Yukon, Environnement Canada, qui a donné de précieux conseils sur son contenu. Les versions préliminaires ont été préparées par l'expert-conseil Gregg Sheehy (Arnprior, Ontario).

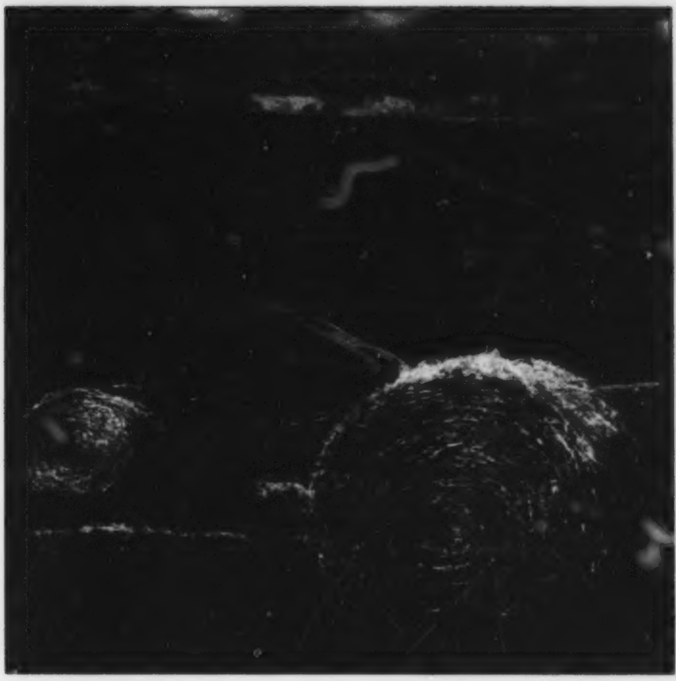
Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : Peter Larkin, professeur émérite à l'Université de la Colombie-Britannique, et Henry Regier, Institute for Environmental Study, Université de Toronto. Leurs commentaires et leurs informations complémentaires ont été des plus utiles pour améliorer le texte.

Ken Yuen (Ottawa) a coordonné la préparation du manuscrit pour le compte de Pêches et Océans Canada.

Terence McRae, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a coordonné les étapes initiales de la préparation du manuscrit, et Robert Audet, Rapport sur l'état de l'environnement, a été chargé de la coordination des versions ultérieures jusqu'à la publication.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns et Marla Sheffer.

9



GRACIEUSETÉ DE W. MANNING, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Au cours de ce siècle, on a assisté à une intensification de l'activité sur les terres agricoles au Canada. Ainsi, la taille des exploitations agricoles a augmenté, les surfaces cultivées se sont accrues, la mécanisation a progressé et les fusions de fermes se sont multipliées. L'accroissement de la productivité résultant de ces changements et de l'introduction de nouvelles variétés et méthodes de gestion a été considérable. Toutefois, dans certains cas, il a entraîné des coûts environnementaux associés à la dégradation des sols, à la contamination des masses d'eau ainsi qu'à la modification de la biodiversité.

▪

Dans le sud de l'Ontario et les provinces des Prairies, les milieux humides servant d'habitat à la sauvagine ont été réduits respectivement de 68 et de 71 % depuis l'arrivée des colons européens, cette réduction étant attribuable en grande partie à leur assèchement et à leur exploitation à des fins agricoles. Il faut poursuivre les efforts déployés pour inverser la modification des écosystèmes initiaux (p. ex., le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine).

▪

L'érosion du sol par l'eau et par le vent, la salinisation des terres arides et le compactage du sol demeurent de graves problèmes dans les régions agricoles. Afin de régler ces problèmes, un certain nombre de programmes fédéraux et provinciaux de conservation du sol et de l'eau ont été mis en œuvre. Au cours des dernières années, la diminution des superficies mises en jachère dans les Prairies a réduit les risques d'érosion.

▪

La matière organique présente dans le sol a diminué de 30 à 40 % depuis les années 1960 dans l'est du Canada et de 40 à 50 % depuis l'arrivée des colons dans les Prairies. Cette baisse de la fertilité naturelle du sol a entraîné une augmentation de l'utilisation des engrais pour maintenir des rendements élevés. La quantité d'engrais commerciaux utilisée a quadruplé entre 1970 et 1985. Le Programme d'initiatives sur la qualité de l'eau des Grands Lacs, par exemple, peut aider à résoudre les problèmes associés à l'emploi inefficace d'engrais.

▪

De 1970 à 1985, les superficies traitées aux pesticides ont augmenté, passant de 20 % à plus de 50 % des terres cultivées. Dans certains cas, des épandages excessifs ou inadéquats ont entraîné la contamination des écosystèmes aquatiques. Des programmes de lutte intégrée contre les ravageurs, associés à des techniques permettant d'améliorer l'épandage des pesticides, constituent des éléments de solution à ces problèmes. Le programme Production alimentaire 2002 du gouvernement ontarien vise à réduire de 50 % l'utilisation des pesticides agricoles d'ici 2002.

▪

L'agriculture durable doit devenir une réalité. Pour relever ce défi, tous les paliers de gouvernement réorientent les ressources et adaptent leurs programmes afin que les agricultures deviennent d'aussi tous gestionnaires de l'environnement qu'ils le sont de leur production agricole. Des progrès considérables ont été accomplis mais il faut poursuivre les efforts déployés.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction ... 9-4

L'évolution de l'agriculture au Canada ... 9-4

Les attributs naturels de l'agriculture ... 9-6
- Les terres ... 9-6
  - L'urbanisation des terres ... 9-6
- Les conditions météorologiques et climatiques ... 9-7
  - Les variations naturelles ... 9-7
  - Le changement climatique ... 9-8
- Le biote ... 9-9
  - La faune, la flore et leurs habitats ... 9-9
  - Les plantes vasculaires ... 9-10
  - Les micro-organismes ... 9-10
  - Les insectes et les arachnides ... 9-10
  - Les ressources génétiques ... 9-11

La production agricole et l'environnement ... 9-11
- Les processus de dégradation des terres ... 9-11
  - L'érosion du sol ... 9-11
  - Le compactage du sol ... 9-13
  - L'acidification ... 9-14
  - La perte de la matière organique du sol ... 9-15
  - L'irrigation ... 9-15
  - Le drainage ... 9-16
  - La salinisation des terres arides ... 9-17
  - La jachère ... 9-17
- Les pratiques de conservation et les stratégies d'atténuation ... 9-18
  - Les programmes et les stratégies ... 9-19
    - Les relevés pédologiques et hydrographiques et les programmes de surveillance ... 9-19
    - Les services relatifs à la conservation des sols et de l'eau ... 9-19
  - Les campagnes de sensibilisation à la conservation ... 9-21
- Les productions végétales ... 9-21
  - Les engrais ... 9-21
  - La lutte contre les ravageurs ... 9-25
    - La lutte chimique ... 9-25
    - La lutte biologique ... 9-27
    - La lutte intégrée contre les ravageurs ... 9-28
  - La biotechnologie ... 9-28
- Les productions animales ... 9-29
  - La gestion du fumier ... 9-29
- La gestion des déchets ... 9-30

Les perspectives ... 9-30

Ouvrages cités ... 9-30

Pour de plus amples renseignements ... 9-32

Remerciements ... 9-32

Liste des encadrés

9.1 Travailler ou ne pas travailler le sol? **9-18**
9.2 Production alimentaire 2002 .... **9-27**

Liste des figures

9.1 Nombre de fermes, taille moyenne des fermes et nombre de tracteurs et de moissonneuses-batteuses au Canada, 1931–1986 .... **9-5**
9.2 Les terres agricoles de choix au Canada **9-6**
9.3 Répartition des terres agricoles de choix, par province **9-6**
9.4 Tendances des superficies des terres agricoles, 1931–1986 .... **9-7**
9.5 Urbanisation des terres agricoles, 1966–1986 .... **9-7**
9.6 Comparaison de l'état des cultures dans les Prairies, 1987 et 1988 .... **9-8**
9.7 Pourcentage des étangs des Prairies dont la cuvette ou le bord a été altéré par les pratiques agricoles, 1981–1990 .... **9-10**
9.8 Estimation de l'étendue et de la gravité de l'érosion hydrique sur les terres agricoles **9-12**
9.9 Estimation de l'étendue et de la gravité de l'érosion éolienne sur les terres agricoles **9-13**
9.10 Estimation de l'étendue et de la gravité du compactage du sol sur les terres agricoles **9-14**
9.11 Pertes de matière organique dans les Prairies, selon les zones de sols **9-15**
9.12 Tendances des superficies irriguées, par province, 1970–1988 .... **9-16**
9.13 Tendances comparées des superficies cultivées et des superficies en jachère dans les provinces des Prairies, 1956–1986 .... **9-17**
9.14 Tendances des pratiques culturales au Canada, 1971–1986 .... **9-21**
9.15 Tendances des rendements en blé dans les provinces des Prairies, 1905–1984 .... **9-22**
9.16 Quantités d'engrais utilisées par rapport aux superficies cultivées au Canada, 1931–1986 .... **9-22**
9.17 Teneur en éléments nutritifs des engrais vendus, 1945–1989 .... **9-23**
9.18 Variation en pourcentage des quantités d'éléments nutritifs utilisées sous forme d'engrais, par sous-bassin, 1970–1985 .... **9-23**
9.19 Rendements en maïs en Ontario, par décennie, 1921–1987 .... **9-24**
9.20 Superficies traitées contre les mauvaises herbes et les insectes, 1970, 1980 et 1985 .... **9-24**
9.21 Variation en pourcentage des dépenses consacrées aux pesticides agricoles, par sous-bassin, 1970–1985 .... **9-25**
9.22 Tendances du nombre d'animaux d'élevage au Canada, 1931–1986 .... **9-29**

Liste des tableaux

9.1 Estimation des répercussions économiques annuelles à la ferme de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne **9-13**
9.2 Estimation des répercussions économiques annuelles à la ferme du compactage du sol **9-14**
9.3 Estimation des superficies drainées et des superficies nécessitant un drainage à des fins agricoles **9-16**
9.4 Absorption d'azote et de phosphore par les cultures dans l'ouest du Canada et son rapport avec les engrais utilisés **9-23**
9.5 Coût des pesticides selon le type de ferme, 1986 .... **9-26**

> « Chaque année, le printemps revint...
> ... et chaque année la terre laurentienne, endormie pendant quatre mois sous la neige, offrit aux hommes ses champs à labourer, herser, fumer, semer, moissonner...
> ... à des hommes différents
> ... une terre toujours la même. »
>
> Ringuet, 1937

INTRODUCTION

Presque tous les aliments sont des produits naturels de l'environnement. Certains animaux et plantes sauvages sont prélevés dans des écosystèmes naturels terrestres ou marins au moyen de la pêche, de la chasse ou de la cueillette. Cependant, la plupart des aliments sont issus de l'agriculture, qui est l'un des moyens les plus répandus par lesquels les humains ont appris à gérer et à adapter les écosystèmes naturels pour soutenir les activités humaines.

Grâce à l'agriculture, pratique qui implique la manipulation du sol, de l'eau et des ressources biologiques, les humains produisent des variétés améliorées de certaines espèces végétales et animales en quantités supérieures à ce que l'on trouverait normalement dans les écosystèmes naturels. L'agriculture a eu un impact marquant sur les écosystèmes et peut également subir de façon marquée l'influence des changements environnementaux, tant à l'échelle locale que mondiale. Le présent chapitre traite non seulement de l'impact de l'agriculture sur l'environnement, mais également de l'impact des changements environnementaux sur l'agriculture. Il fait état des politiques et des programmes agricoles mis en œuvre pour résoudre les problèmes environnementaux. De plus, il présente les techniques de rechange qui sont mises au point pour aider les agriculteurs à protéger les ressources dont dépend l'agriculture.

L'ÉVOLUTION DE L'AGRICULTURE AU CANADA

Pendant de nombreux siècles avant la découverte de l'Amérique du Nord par les Européens, les peuples autochtones ont cultivé le maïs, les courges, les haricots et d'autres plantes vivrières dans des régions où le sol et le climat étaient propices. À partir des années 1600, les colons européens ont pratiqué l'agriculture mixte, c'est-à-dire l'élevage et la culture. Même si la productivité était faible, la production agricole était relativement stable et utilisait les ressources existantes sans recourir à d'importants intrants supplémentaires. Certaines des cultures servaient à nourrir le bétail, et le fumier produit était retourné à la terre.

À ses débuts, l'agriculture pratiquée au Canada était surtout une activité de subsistance qui procurait des aliments aux ménages. Les premiers colons européens ont amorcé un vaste processus de modification de l'utilisation des terres. Bientôt, l'abattage du bois et l'agriculture ont commencé à influer sur l'environnement. Il était difficile d'adapter les méthodes culturales européennes aux conditions difficiles et hostiles du Canada. Il a fallu beaucoup d'efforts et de temps pour obtenir des exploitations agricoles productives à partir des forêts et des prairies.

L'agriculture commerciale a connu une croissance lente au départ et répondait surtout aux besoins des marchés locaux. Ces besoins se sont accrus à mesure que le commerce du bois d'œuvre attirait plus de gens vers le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent et que les forêts disparaissaient sur les terres propices à l'agriculture.

Une fois terminée la construction du chemin du fer du Canadien Pacifique en 1885, les colons ont commencé à affluer vers l'Ouest pour peupler les Prairies. L'introduction du blé Marquis en 1909 et la mise au point du système de rotation avec mise en jachère ont permis de cultiver avec succès cette céréale sous le climat des Prairies et de jeter les bases de l'économie agricole de l'Ouest. Dès 1931, 60 % des prairies canadiennes étaient cultivées (Rowe et Coupland, 1984).

L'urbanisation, stimulée par le développement du secteur de la fabrication, a provoqué l'expansion des marchés des produits alimentaires. Avant 1900, la superficie de la ferme canadienne type était d'environ 40 ha. L'énergie était fournie par le cheval et il fallait beaucoup de main-d'œuvre. En 1921, la taille moyenne des fermes

canadiennes avait doublé pour atteindre 80 ha. Le passage de l'énergie animale à celle de la vapeur, puis à celle du moteur à combustion interne, a permis aux agriculteurs de cultiver plus de terres. En 1941, la taille moyenne des exploitations agricoles était de 96 ha (figure 9.1). La productivité des exploitations augmentait, mais les coûts de production également. En 1971, la taille moyenne des exploitations agricoles avait encore doublé pour se situer à 187 ha et, en 1986, elle avait atteint 232 ha (Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1986).

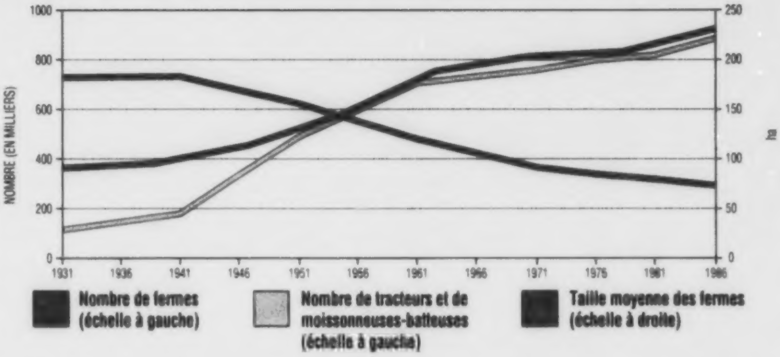
L'accroissement de la taille moyenne des exploitations agricoles s'est accompagné d'une diminution de leur nombre. Par exemple, en 1941, il y avait 732 832 fermes au Canada mais il n'y en avait plus que 293 089 en 1986 (figure 9.1). Aujourd'hui, les agriculteurs représentent moins de 4 % de la main-d'œuvre nationale, comparativement à 20 % en 1951 (Statistique Canada, Recensements du Canada, 1951–1981).

Les petites fermes mixtes ont cédé le pas à des exploitations agricoles spécialisées plus imposantes. Cependant, 99 % de ces exploitations sont encore des entreprises familiales (Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1986). Cette tendance a eu pour effet de concentrer davantage la production entre les mains d'un plus petit nombre d'agriculteurs. En 1986, 39 % des fermes occupaient 63 % des terres agricoles du Canada (Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1986). Dans le secteur de la culture du blé, 8 % de toutes les exploitations productrices représentaient 31 % des superficies ensemencées en blé au Canada. Dans celui de la production laitière, on trouvait 43 % des vaches canadiennes sur 18 % des fermes laitières. Le secteur des œufs illustre encore mieux cette tendance. En 1966, 90 % des œufs provenaient de 28 % des fermes d'ovoculture. En 1986, 95 % des œufs étaient produits par seulement 13 % de ces fermes.

En même temps que les exploitations agricoles ont pris de l'expansion et fusionné, on a observé une tendance

FIGURE 9.1

Nombre de fermes, taille moyenne des fermes et nombre de tracteurs et de moissonneuses-batteuses au Canada, 1931–1986



Source : Statistique Canada, 1986*a* et Recensement de l'agriculture, 1986.

vers une plus grande spécialisation. Entre 1976 et 1986, les superficies ensemencées en blé en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba — totalisant 97 % de la production totale de blé au Canada — ont augmenté de près de 30 %, passant de 10,9 à 13,8 millions d'hectares (Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1976,1986). Dans le centre du Canada, la commercialisation de nouveaux hybrides de maïs à cycle court a accéléré la spécialisation des cultures pendant les années 1960 et 1970. En Ontario et au Québec, les superficies ensemencées en maïs ont plus que triplé entre 1961 et 1986. En Ontario, où l'on produit actuellement les trois quarts du maïs récolté au Canada, le maïs occupe une plus grande superficie que toute autre culture à l'exception des fourrages vivaces.

Le passage des fermes mixtes aux exploitations spécialisées a entraîné une amélioration de l'efficacité et de la rentabilité, mais il y a également un prix à payer sur le plan de l'environnement. Par exemple, la production du maïs était directement associée, jusqu'à un passé récent, à l'accélération de la dégradation du sol (p. ex., perte de la matière organique, compactage du sol et accroissement de l'érosion du sol); cependant, au cours des dernières années, de meilleures pratiques de gestion ont largement compensé ces répercussions négatives.

En plus des pratiques agricoles intensives, d'autres pressions comme celles exercées par l'urbanisation influent sur les terres. L'urbanisation modifie également les modes de propriété des exploitations agricoles. De nombreux agriculteurs trouvent maintenant qu'il est préférable de louer des terres plutôt que de les acheter à un prix élevé. Dans le cas de certaines des meilleures terres agricoles du pays, situées près de Montréal, Toronto et Winnipeg, la proportion de terres louées atteint ou dépasse 50 %. Cette tendance suscite un certain nombre de préoccupations au sujet de la gestion des terres, car les pratiques d'amélioration des terres, qui sont très valables du point de vue du propriétaire, peuvent sembler moins intéressantes à court terme pour le locataire.

Pendant que les agriculteurs canadiens s'efforçaient d'accroître la productivité de leurs exploitations malgré les pressions économiques et autres, la productivité intrinsèque des terres a connu une baisse dans certaines régions. Le reste du présent chapitre traite des pratiques agricoles modernes et de leurs répercussions sur l'environnement ainsi que des efforts déployés par les gouvernements et les agriculteurs pour faire face à ces préoccupations.

FIGURE 9.2

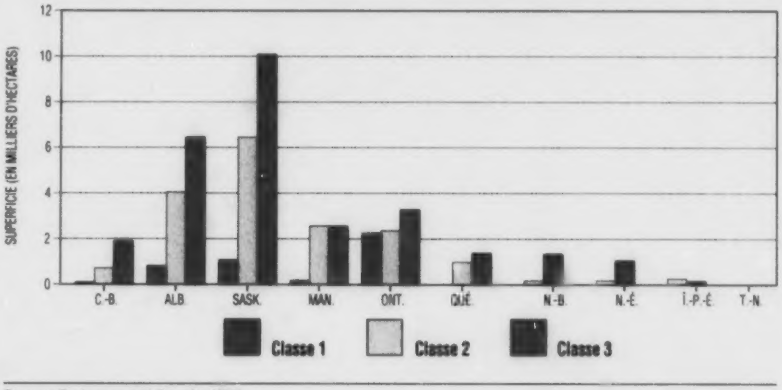
Les terres agricoles de choix au Canada

La carte montre les régions du Canada où les terres agricoles des classes 1, 2 et 3 représentent 40 % ou plus de la superficie totale.

Source : Environnement Canada, 1976.

FIGURE 9.3

Répartition des terres agricoles de choix, par province



Source : Environnement Canada, 1976.

LES ATTRIBUTS NATURELS DE L'AGRICULTURE

Les terres

Les dix provinces du Canada comptent 543 millions d'ha, dont 68 millions (environ 13 %) étaient des terres agricoles en 1986 (Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1986). Cependant, la figure 9.2 montre que toutes les provinces ne sont pas aussi bien pourvues les unes que les autres en bonnes terres agricoles. La Saskatchewan possède les plus vastes superficies de terres agricoles de choix; viennent ensuite, dans l'ordre, l'Alberta, l'Ontario et le Manitoba (figure 9.3). À l'échelle nationale, la superficie totale des terres agricoles est à peu près la même que durant les années 1930 (figure 9.4). Cependant, au cours des dernières décennies, on a observé certains changements majeurs à l'échelle régionale. De façon générale, les augmentations ont été plus importantes dans les Prairies et moindres en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve. De fortes diminutions se sont produites en Ontario, au Québec et dans les Maritimes.

Bien que la superficie totale des terres agricoles soit demeurée relativement constante, les terres améliorées (p. ex., les superficies cultivées, les pâturages améliorés, les jachères et les autres catégories de terres améliorées) représentent progressivement une plus grande proportion de la superficie totale. En particulier, les superficies cultivables (c.-à-d. les terres cultivées et les jachères) ont augmenté de 41 % depuis 1931. L'accroissement marqué des superficies améliorées, constaté depuis 1976, illustre l'intensification de l'activité agricole qui s'est faite partiellement aux dépens des terres non améliorées : par exemple, les superficies boisées se trouvant sur les fermes visées par les recensements ont diminué d'environ 70 % depuis la Seconde Guerre mondiale.

L'urbanisation des terres

Comme il représente une menace pour le développement durable de l'agriculture dans les principales régions agricoles, l'empiétement urbain sur les terres agricoles suscite de graves préoccupations. En 1986, environ les deux tiers de la population du Canada vivait dans 70 régions urbaines comptant plus de 25 000 habitants (Warren et collab., 1989). Entre 1966 et 1986, l'urbanisation a revendiqué plus de 300 000 ha de terres rurales dans ces régions, dont 58 % étaient des terres agricoles de choix. La figure 9.5 illustre la répartition, entre les provinces, de la perte du potentiel agricole dans ces 70 régions.

Au rythme actuel, il faudrait 70 ans pour convertir 1 % des terres agricoles de choix à des utilisations urbaines. Malgré l'insignifiance de ce chiffre à l'échelle nationale, les pertes de terres ont eu lieu dans certaines des meil-

leures régions agricoles, notamment la vallée du fleuve Fraser en Colombie-Britannique, les basses terres du Saint-Laurent au Québec et le corridor Edmonton–Lethbridge en Alberta. De plus, dans le sud de l'Ontario, siège de la plus forte concentration de terres agricoles de classe 1 au Canada, la population nombreuse et en plein essor exerce des pressions constantes. Les terres agricoles de choix (classes 1, 2 et 3) de cette région représentaient 83 040 ha (78 %) des terres rurales qui ont disparu entre 1966 et 1986.

En résumé, la quantité de terres qui passent d'une vocation agricole à une vocation urbaine est moins importante que la qualité de ces terres. En perdant les meilleures terres, on perd celles qui ont le potentiel le plus élevé pour la production de cultures variées à la fois maintenant et dans le futur. De plus, certains agriculteurs se voient obligés de cultiver des sols ayant une capacité de production plus faible et, de ce fait, d'utiliser des méthodes plus coûteuses et plus dommageables pour l'environnement.

Les conditions météorologiques et climatiques

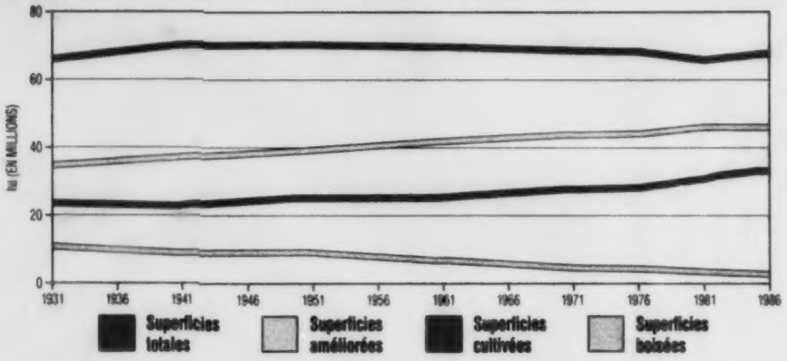
Les variations naturelles

Les fluctuations des conditions météorologiques, de même que les variations climatiques naturelles, ont toujours constitué des facteurs importants à considérer lorsque l'on veut déterminer si une région est propice à l'agriculture. En surveillant ces fluctuations et en tenant compte de leurs répercussions sur divers types d'agriculture, on obtient les renseignements nécessaires à une bonne gestion des terres.

La sécheresse est un élément climatique normal dans les régions semi-arides comme le sud-ouest de la Saskatchewan. Ici, le surpâturage peut entraîner la perte du couvert végétal permanent et le remplacement d'espèces fourragères souhaitables, indigènes ou cultivées, par des mauvaises herbes. En l'absence d'un couvert suffisamment dense, le vent et l'eau peuvent provoquer une grave érosion

FIGURE 9.4

Tendances des superficies des terres agricoles de choix, 1931–1986

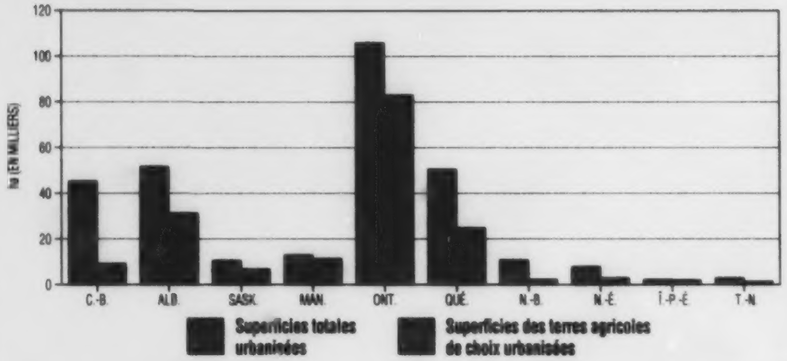


[a] Superficies améliorées = terres cultivées, pâturages améliorés, jachères et autres terres améliorées.
Source : Statistique Canada, 1986a et Recensement de l'agriculture, 1986.

FIGURE 9.5

Urbanisation des terres agricoles, 1966–1986

Superficies (en milliers d'hectares) des terres rurales et des terres agricoles de choix qui ont été urbanisées, dans 70 régions urbaines.



Source : Warren et collab., 1989.

de la couche arable. Par exemple, en 1988, année de sécheresse estivale, les rendements n'ont atteint que 61 % environ de ceux de 1987, année de rendement moyen pour la décennie 1980. Dans la seule province de la Saskatchewan, les rendements en blé ont chuté de plus de la moitié. Les images satellitaires prises au cours de ces deux années successives (figure 9.6) illustrent de façon marquante ce changement.

Une façon d'atténuer les effets de la sécheresse consiste à reconvertir les terres marginales situées dans les régions les plus arides des Prairies en herbages et en pâturages communautaires. L'adoption de la *Loi sur le rétablissement agricole des Prairies* dans les années 1930 a favorisé cette reconversion (Gray, 1967). De nos jours, le Programme d'établissement du couvert végétal permanent dans les Prairies, qui fait partie intégrante du Programme national de conservation des sols, incite les agriculteurs à planter sur les terres marginales des plantes fourragères vivaces et (ou) des arbres à la place des cultures annuelles. De telles

Comparaison de l'état des cultures dans les Prairies, 1987 et 1988

Les superficies en rouge indiquent les régions où la croissance de la végétation est vigoureuse et les superficies en bleu, les régions touchées par la sécheresse. Les deux images satellitaires ont été prises au début d'août.

1987

1988

Source : Division de l'agriculture, Statistique Canada; Centre canadien de télédétection, Énergie, Mines et Ressources Canada; et Agriculture Canada, 1989.

pratiques permettent de conserver l'humidité du sol, de diminuer le ruissellement, de restaurer l'habitat naturel et de retrancher des ressources foncières agricoles les terres qui n'offrent pas une capacité de rendement stable. À l'opposé, un excédent d'eau peut aussi nuire à l'agriculture, notamment dans certaines régions de l'est du Canada et dans la vallée du Fraser en Colombie-Britannique. La fonte de la neige au printemps peut faire augmenter l'érosion et le ruissellement, et l'on peut trouver dans les eaux de surface des concentrations maximales de nitrates pendant certaines périodes. Lorsque les sols sont saturés, l'ensemencement printanier et la germination peuvent être retardés, ou encore les travaux de récolte peuvent s'avérer difficiles à l'automne. Des précipitations abondantes et la faible capacité du sol à absorber l'humidité rendent plus probable le ruissellement des pesticides et des engrais. En prenant en considération les données climatiques et agronomiques, les agriculteurs peuvent réduire la quantité de produits chimiques qu'ils utilisent et favoriser le recours à des pratiques de production durables.

Le changement climatique

Les activités humaines modifient l'atmosphère de la Terre à un rythme sans précédent (voir le chapitre 22), en augmentant les concentrations des « gaz à effet de serre » : le dioxyde de carbone (auquel on attribue environ 50 % de l'effet de serre), le méthane, les CFC, l'oxyde nitreux et l'ozone troposphérique. Les augmentations de ces gaz traces accroîtront l'effet de serre, provoquant ainsi un réchauffement de la surface de la Terre.

Les modèles actuels de la circulation générale mondiale prédisent un réchauffement de la planète d'environ 0,3 °C par décennie si aucune mesure n'est prise pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990). Ceci entraînerait un réchauffement moyen de 1 °C d'ici 2025 et de 3 °C avant la fin du XXI[e] siècle. Par ailleurs, si des mesures de réduction sont mises en place, le réchauffement de la planète sera limité à 0,1 à 0,2 °C par décennie. Les variations climatiques régionales diffèrent de la moyenne mondiale et sont difficiles à prédire. Par conséquent, le présent rapport ne fera qu'énoncer en termes généraux ce à quoi l'on peut s'attendre pour le secteur agricole.

Malgré les nombreuses incertitudes qui persistent au sujet du changement climatique, on commence à mieux en comprendre les répercussions sur l'agriculture au Canada. Par exemple, pour chaque réchauffement de 1 °C de la saison de croissance moyenne, la période moyenne sans gel s'allongera de 7 à 10 jours (William et collab., 1988). La quantité de chaleur disponible pour la croissance des cultures augmentera également en fonction de la hausse de la température moyenne de la saison de croissance (Bootsma et collab., 1984). Ces changements auraient des répercussions considérables sur l'éventail et la répartition des cultures au Canada (Stewart, 1986). Dans certains cas, on pourrait cultiver des variétés à très haut rendement nécessitant une saison de croissance plus longue; dans d'autres cas, les agriculteurs pourraient cultiver des plantes entièrement nouvelles. L'augmentation de la température permettrait également d'étendre progressivement les cultures vers le nord, sous réserve des contraintes du sol et du relief. En outre,

une augmentation des concentrations de dioxyde de carbone atmosphérique pourrait contribuer à des majorations substantielles des rendements culturaux potentiels.

Par contre, la modification de la configuration des pluies et de l'évaporation pourrait intensifier certains problèmes existants. Par exemple, certains scénarios prévoient que le sud des Prairies connaîtra un temps beaucoup plus chaud et plus sec (Manabe et Wetherald, 1986). Si cela devait se produire, la fréquence et la gravité de la sécheresse s'en trouveraient augmentées. Un temps plus sec pourrait également accélérer ou aggraver l'érosion éolienne, la salinisation et la perte de matière organique. En outre, les saisons de croissance devenant plus chaudes et plus longues, les ravageurs et les maladies qui sévissent normalement plus au sud gagneraient le Nord.

De toute évidence, le changement climatique aura des répercussions sur les sols et l'eau, sur les types, les variétés et la répartition des plantes cultivées au Canada et sur l'élevage. Il faudra s'adapter en innovant sur le plan des techniques et des méthodes dans le secteur agricole. L'activité de ce secteur périclitera dans certaines régions tout en connaissant une expansion dans d'autres.

L'agriculture n'est pas seulement influencée par le changement climatique mais elle y contribue aussi. La dégradation de la matière organique du sol due à de mauvaises pratiques de gestion des sols est partiellement en cause dans l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. L'utilisation de combustibles fossiles pour la production, le transport et la transformation dans le secteur agro-alimentaire libère également plus de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les méthodes culturales et l'utilisation accrue d'engrais donnent lieu à des émissions d'oxyde nitreux. La fermentation du fumier et des matières intestinales chez les bovins a été reconnue comme une source importante de méthane. Dans l'ensemble, on estime que les gaz d'origine agricole représentent environ 14 % de l'augmentation des gaz à effet de serre (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990). On tente à l'heure actuelle de comprendre les divers processus associés au cycle des gaz à effet de serre en vue d'accroître la capacité des sols agricoles à faire fonction de puits pour le carbone (sous forme de méthane et de dioxyde de carbone), tout en réduisant la contribution du secteur agricole à l'augmentation des gaz à effet de serre.

Le biote

Depuis toujours, en agriculture, on s'intéresse principalement aux espèces animales d'élevage, aux plantes cultivées et à leurs ravageurs, dont la plupart ne sont pas indigènes du Canada. Étant donné l'importance des interactions entre l'agriculture et l'environnement, il est de plus en plus manifeste que l'agriculture doit tenir compte du rôle de toutes les ressources biologiques du Canada dans la pérennité de l'agriculture et de l'environnement.

Au Canada, de nombreux groupes d'organismes vivants parmi les moins connus assurent des fonctions essentielles pour l'environnement. Certains, tels les bactéries et les champignons, dégradent la matière organique et les minéraux, libérant des éléments nutritifs dans le sol et dans l'eau. D'autres, comme les insectes, pollinisent les plantes à fleurs ou limitent les populations de ravageurs. Les insectes, les arachnides, les plantes et les champignons sont particulièrement sensibles aux variations de l'environnement et réagissent rapidement à la modification de leur habitat, aux variations climatiques et à d'autres pressions environnementales. Un grand nombre d'entre eux peuvent être qualifiés d'« espèces indicatrices »; l'examen attentif de l'expansion ou du recul de leur aire de répartition est un moyen convaincant et économique de mesurer les changements environnementaux.

La faune, la flore et leurs habitats

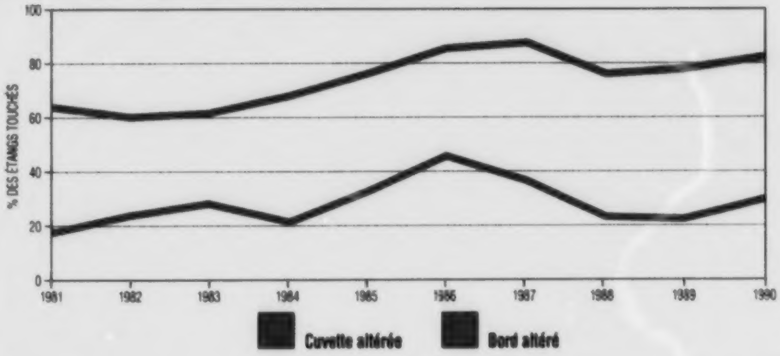
D'une manière générale, la quantité et la qualité des habitats fauniques et floristiques du Canada ont été détériorées par la colonisation et le développement agricole. Bien que les terres agricoles et les grands pâturages libres fournissent un habitat amélioré à certaines espèces (dont quelques-unes infligent de gros dommages aux vergers et aux cultures), d'autres ont vu leur population diminuer à cause de l'expansion agricole et des méthodes de production. De nombreuses espèces indigènes de plantes, de reptiles, de poissons, d'oiseaux et de mammifères sont menacées ou en danger de disparition par suite de la perte de leur habitat en faveur de l'agriculture (Burnett et collab., 1989).

Dans les Prairies, l'expansion agricole est le principal facteur en cause dans la disparition de 71 % des milieux humides depuis la colonisation (Environnement Canada, 1986), disparition qui a entraîné un fléchissement important des populations de sauvagine. La figure 9.7 illustre la proportion d'étangs des Prairies dont la cuvette ou le bord a été altéré par les pratiques agricoles sur dix ans. Par exemple, en 1990, 30 % des cuvettes et 82 % des bords des étangs avaient été modifiés par des pratiques agricoles comme le défrichage, l'assèchement, le pâturage, la fenaison et le travail du sol (Caswell, 1990). En Ontario, au sud du Bouclier précambrien, 68 % des milieux humides qui s'y trouvaient avant l'époque de la colonisation ont été éliminés, en grande partie à cause du développement agricole (U.S. Fish and Wildlife Service et Service canadien de la faune, 1986; Snell, 1987; Clarke et collab., 1989).

Les écosystèmes originels ont été tellement modifiés par l'agriculture que l'on se préoccupe de plus en plus de leur viabilité à long terme et de la survie des espèces qui habitent dans ces régions. On doit conserver et améliorer les habitats naturels se trouvant dans les régions agricoles afin de permettre à une grande diversité d'espèces végétales et animales d'y vivre. On reconnaît de plus en plus, dans le secteur agricole, que l'agriculture et la faune peuvent cœxister et que des avantages directs peuvent découler du maintien et de l'amélioration des habitats. Par exemple, les brise-vent et les boisés agricoles peuvent

FIGURE 9.7

Pourcentage des étangs des Prairies dont la cuvette ou le bord a été altéré par les pratiques agricoles, 1981–1990



Source : Caswell, 1990.

attirer des prédateurs qui se nourrissent de certains ravageurs des cultures. La conservation des milieux humides des terres agricoles permet, en plus de préserver les habitats naturels, de conserver les ressources en eau souterraine; elle constitue en outre une protection contre la sécheresse.

Les plantes vasculaires

Le dernier recensement des espèces de plantes vasculaires du Canada (Scoggan, 1978–1979) fait état de 4 153 espèces indigènes ou établies. Les méthodes culturales modernes influent sur la diversité végétale de plusieurs façons nouvelles. Auparavant, l'ensemencement de petites parcelles dans divers paysages créait une variété d'habitats transitoires, laquelle avait tendance à favoriser la diversité végétale. En fait, un grand nombre de personnes considéraient que l'agriculture avait une influence enrichissante sur la végétation. Cependant, au cours des quelques dernières décennies, on a assisté à un renversement de cette situation (Hampicke, 1978).

De nos jours, l'agriculture entraîne une régression de la diversité végétale en tentant de créer, dans la mesure du possible, des conditions pédologiques humides et riches en éléments nutritifs, ce qui réduit la variété écologique. Au Canada, on considère qu'environ 50 espèces végétales sont actuellement en danger imminent de disparition et l'on s'inquiète du sort de 500 autres (Haber, 1986).

Parmi les espèces végétales introduites par les humains au Canada, plus de 500 sont classées comme des mauvaises herbes pour l'agriculture (Crompton et collab., 1988). Curieusement, de nombreuses cultures ont évolué à partir de mauvaises herbes. La présence d'un grand nombre de ces espèces est attribuable aux pratiques agricoles qui ont permis l'importation de graines de semence contenant des impuretés. Cependant, toutes les mauvaises herbes ne sont pas nuisibles. Certaines sont utiles du fait qu'elles stabilisent les sols — ce qui diminue l'érosion — et qu'elles fournissent graines, nourriture et abri à la faune. À l'heure actuelle, au moins une mauvaise herbe du Canada fait partie d'un système de production agricole différent : on a découvert récemment que la luzerne lupuline constitue une excellente plante de rotation qui enrichit le sol tout en empêchant la croissance d'autres mauvaises herbes. Néanmoins, la concurrence exercée par des espèces importées envahissantes et les mesures prises pour lutter contre les mauvaises herbes dans les milieux agricoles ont perturbé la diversité naturelle des plantes indigènes.

Les micro-organismes

De tous les êtres vivants, les micro-organismes sont les plus nombreux et les plus variés. Les champignons constituent un des groupes que l'on connaît bien et il y en a quelque 11 000 espèces au Canada. Certains, comme les champignons supérieurs, font l'objet d'une culture commerciale. D'autres sont utilisés comme agents de lutte biologique. D'autres encore transforment la matière première en aliments. Un grand nombre de champignons servent à la lutte contre les maladies en produisant des antibiotiques, tandis que la toxicité d'autres champignons peut causer des maladies. Parmi les agents pathogènes fongiques des végétaux, ce sont les rouilles des céréales qui sont les plus connus. La présence de champignons, associée à celle d'autres micro-organismes comme les bactéries, contribue à la qualité du sol.

De nombreuses pratiques agricoles, notamment le labourage, la fertilisation et l'application de pesticides, influent sur les populations fongiques et microbiennes du sol. La diminution de la biomasse microbienne a des répercussions négatives sur la stabilité mécanique du sol, le rendant plus sensible à l'érosion et au compactage.

Les insectes et les arachnides

Au Canada, les arthropodes terrestres, constitués principalement d'insectes, d'araignées et d'acariens, forment un groupe très diversifié qui compte environ 66 000 espèces (Danks, 1979). Un grand nombre d'entre eux sont utiles pour l'agriculture et l'environnement, qu'ils agissent comme pollinisateurs de plantes cultivées et d'arbres fruitiers ou qu'ils servent d'aliments pour certaines espèces d'oiseaux. Certains insectes sont eux-mêmes d'utiles prédateurs des ravageurs agricoles et forestiers.

Les insectes et les acariens qui vivent dans le sol et dans l'eau sont des bio-indicateurs efficaces des conditions environnementales. Une modification de leur diversité, de leur densité et de leur répartition peut signaler la présence d'une pression dans l'écosystème.

Même une perturbation apparemment mineure, comme le fait de cultiver des herbages naturels pendant une saison, peut déséquilibrer la diversité spécifique à un point tel qu'il faudra plus de 25 ans pour qu'elle retrouve son état initial.

Les ressources génétiques

Les pressions exercées sur des écosystèmes fragiles ont causé une diminution permanente des ressources génétiques mondiales. Bon nombre de ces pressions, comme les techniques agricoles et l'expansion urbaine, sont des conséquences directes de l'activité humaine, tandis que d'autres sont le résultat de changements climatiques et environnementaux à l'échelle mondiale, pouvant découler d'activités humaines ou de phénomènes naturels.

Les travaux d'amélioration génétique sélective en vue d'obtenir des rendements élevés et une certaine uniformité ont amenuisé considérablement la base génétique des animaux, des plantes et des microbes utilisés en agriculture. La perte de matériel génétique qui en est résultée est une préoccupation d'envergure mondiale. On a mis au point les variétés actuelles à partir de la sélection d'espèces végétales afin qu'elles donnent un rendement optimal dans des conditions de croissance idéales. Il sera impératif de préserver une vaste base génétique pour les espèces végétales si nous voulons, dans le cadre de programmes de sélection, obtenir des variétés capables de survivre aux changements imposés par le milieu et les populations de ravageurs. À l'heure actuelle, de toutes nos principales plantes cultivées et leurs espèces sauvages apparentées, aucune n'est indigène du Canada.

La conservation du matériel génétique des animaux utilisés en agriculture est également un sujet de préoccupation au Canada. Malheureusement, on ne dispose pas, à l'heure actuelle, de programme établi visant à échantillonner, à évaluer, à utiliser et à conserver des ressources génétiques animales, même si des efforts sont déployés dans cette direction. Pour ce qui est des microorganismes, il est primordial de disposer d'une grande variété de souches de bactéries, de champignons et de levures si l'on veut assurer l'avenir de la biotechnologie.

LA PRODUCTION AGRICOLE ET L'ENVIRONNEMENT

La présente section traite non seulement de la détérioration de l'environnement attribuable à la production agricole, mais également de certains programmes constructifs qui contribuent à l'atténuation de cette détérioration et à la conservation du sol et de l'eau. Elle aborde également l'irrigation et le drainage des terres ainsi que la mise en jachère, qui sont d'importantes activités agricoles susceptibles d'avoir des effets néfastes sur l'environnement

Les processus de dégradation des terres

Le précédent rapport sur l'état de l'environnement au Canada décrivait en détail plusieurs processus de dégradation des terres (Bird et Rapport, 1986). Depuis lors, on a recueilli plus d'informations sur les répercussions physiques, économiques et environnementales de ces processus, et des stratégies et des politiques visant à atténuer la dégradation des terres et leurs conséquences sur l'environnement ont été mises en place.

L'érosion du sol

L'érosion du sol par l'eau et par le vent est le problème de dégradation du sol le plus répandu au Canada. Lorsque les précipitations et la fonte des neiges excèdent la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, le ruissellement de l'eau de surface excédentaire peut provoquer une érosion en nappes, en rigoles ou en ravins. La matière organique et les fines particules minérales argileuses sont soulevées et souvent transportées vers les cours d'eau, entraînant des problèmes de sédimentation, voire de pollution lorsque la couche arable contient des engrais et des pesticides. La perte de la couche arable réduit la productivité du sol.

Le problème de l'érosion hydrique du sol varie grandement d'une région à l'autre du Canada, selon le climat et les précipitations, les sols et le relief ainsi que les pratiques d'aménagement du territoire. L'étendue et la gravité de l'érosion hydrique dans tout le pays sont illustrées à la figure 9.8.

Des pertes de sol inférieures à 5 t/ha/an sont généralement difficiles à observer au champ. Selon le type de sol et son épaisseur, les pertes dépassant de 5 à 10 t/ha/an peuvent affaiblir à long terme la productivité des terres agricoles (Dumanski et collab., 1986). En fait, toute perte de sol supérieure au taux naturel de formation du sol (entre 0,5 et 1 t/ha/an) entraînera en fin de compte une diminution de la qualité du sol.

En Colombie-Britannique, des mesures de l'érosion prises dans la région de la rivière de la Paix ont fait état de pertes pouvant atteindre 14 t/ha/an sur des jachères (Van Vliet et collab., 1983). Des pertes allant jusqu'à 30 t/ha/an ont été observées dans la vallée du Fraser dans des cultures en lignes (Sprout, 1984). En Saskatchewan et en Alberta, l'érosion hydrique représente entre 40 et 50 % de l'érosion totale du sol et touche près de 5 millions d'hectares de terres agricoles. En Ontario, l'érosion hydrique est le plus marquée dans la région du sud-ouest, où l'on estime que les rendements peuvent subir des baisses allant jusqu'à 40 % (Battison et collab., 1984). Au Québec, l'érosion hydrique s'avère un problème là où des cultures en lignes sont établies sur des sols à texture fine et dans les Cantons de l'Est où le relief est ondulé. Dans la région de l'Atlantique, certains des pires problèmes d'érosion hydrique touchent les champs de pommes de terre (Chow et Daigle, 1986). Sur l'île du Prince-Édouard, des pertes de sol allant jusqu'à 20 t/ha/an sont courantes (Himelman et Stewart, 1979).

FIGURE 9.8

Estimation de l'étendue et de la gravité de l'érosion hydrique sur les terres agricoles

Source : D.R. Coote, Agriculture Canada, communication personnelle.

L'érosion éolienne du sol est associée à des grands vents, à une surface sèche et à des pratiques culturales qui laissent le sol sans protection. Un travail excessif du sol et la mise en jachère de grands champs non protégés par des brise-vent peuvent accroître énormément les risques d'érosion éolienne. Même dans des conditions relativement humides, les sols sableux et les sols organiques pulvérulents peuvent être vulnérables.

Le sol transporté par le vent a une action abrasive et endommage les bâtiments, les machines et la végétation. Les éléments nutritifs et les pesticides transportés par le vent peuvent éventuellement détériorer la qualité de l'eau et aggraver les problèmes de santé dans les régions sous le vent. On estime que l'érosion éolienne du sol est un problème grave dans certaines régions du sud du Manitoba et de l'Alberta et dans une grande partie de la Saskatchewan (figure 9.9).

Le tableau 9.1 montre les répercussions économiques estimatives de l'érosion hydrique et éolienne au Canada : entre 484 et 707 millions de dollars par année sous forme de baisse des rendements et de hausse des coûts. En l'absence de mesures de lutte, l'érosion qui dépasse le taux de formation du sol finit par entraîner un épuisement grave du sol. Les dommages causés par l'érosion des sols agricoles peuvent entraîner des coûts aussi importants à l'extérieur de l'exploitation agricole que sur le site même (Agriculture Canada, 1985). En Ontario, les dommages attribuables aux sédiments provenant de terres agricoles coûteraient environ 100 millions de dollars par année. Switzer-Howse et Coote (1984) ont décrit de la façon suivante les problèmes causés par les particules de sol érodé pénétrant dans les cours d'eau :

- la capacité des chenaux est réduite par l'accumulation du limon;
- l'habitat des poissons est altéré et détruit;
- la croissance des plantes et des algues est accélérée par la présence d'éléments nutritifs en excès;
- il y a accumulation de métaux lourds, de pesticides et d'autres substances toxiques;
- la valeur récréative du cours d'eau est diminuée;
- il y a une augmentation des coûts de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

Les sédiments abaissent la qualité de l'eau en liant et en transportant le phosphore, les métaux lourds, les pesticides et d'autres polluants. Par exemple, on a démontré que la plus grande partie de la pollution par le phosphore des eaux de ruissellement d'origine agricole, dans la partie canadienne du bassin hydrographique des Grands Lacs, est attribuable au phosphore lié à des particules de sol érodé provenant de terres cultivées (Switzer-Howse et Coote, 1984). Le phosphore provoque une croissance excessive des plantes et des algues dans les cours d'eau et les lacs. Cependant, une grande partie du phosphore total est liée de façon si étroite aux sédiments qu'elle n'est pas facilement utilisable par ces plantes.

Règle générale, les pesticides utilisés à l'heure actuelle ne sont pas transportés dans une aussi grande proportion par les sédiments érodés que l'étaient les pesticides plus rémanents dont l'emploi était courant dans les années 1950 et 1960. Même si le DDT n'est plus utilisé, on peut encore le détecter dans le sol érodé provenant de zones agricoles du bassin hydrographique des Grands Lacs (voir le chapitre 18). Néanmoins, certains

Estimation de l'étendue et de la gravité de l'érosion éolienne sur les terres agricoles

Source : D.R. Coote, Agriculture Canada, communication personnelle.

Estimation des répercussions économiques annuelles à la ferme de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne

Région	Érosion hydrique (en millions de $)	Érosion éolienne (en millions de $)
Colombie-Britannique	17-24	2
Provinces des Prairies	155-197	213-271
Ontario	68-157	1-8
Québec	5-17	2
Provinces de l'Atlantique	21-29	*
Canada	**266-424**	**218-283**

* = Répercussions peu importantes, excepté sur l'île du Prince-Édouard où l'on a estimé que les répercussions annuelles totales de l'érosion ont atteint 100 000 $.

Source : Dumanski et collab., 1986

pesticides utilisés de nos jours atteignent tout de même les cours d'eau et les lacs après avoir été transportés dans des sédiments érodés. Des recherches sont en cours afin de déterminer dans quelle mesure ces matières constituent une menace pour les eaux de surface et, plus particulièrement, pour les Grands Lacs.

Du sélénium, de l'arsenic, des métaux lourds (p. ex., le mercure, le plomb et le cadmium) ainsi que des composés organiques toxiques (p. ex., les BPC) atteignent également les terres agricoles par suite de la pollution industrielle, des dépôts atmosphériques et des applications de boues d'épuration. Liés à des sédiments, ces composés passent des terres agricoles aux eaux de surface.

Les pratiques agricoles ne peuvent empêcher la contamination, mais les mesures de lutte contre l'érosion peuvent aider à réduire le charriage des métaux lourds et des composés organiques toxiques des terres vers les cours d'eau et les lacs (Switzer-Howse et Coote, 1984). Les concentrations de mercure et de BPC mesurées chez les poissons des Grands Lacs et dans d'autres masses d'eau douce sont suffisamment élevées pour rendre certaines espèces impropres à la consommation humaine.

L'érosion éolienne contribue également à la sédimentation dans les lacs et cours d'eau; toutefois, elle a un impact plus marqué sur la qualité de l'air. Durant les « sales années Trente », la pollution de l'air a atteint un niveau sans précédent dans les Prairies, en grande partie à cause de l'érosion éolienne. Depuis lors, les conditions de sécheresse ont généralement été moins graves et de nombreux agriculteurs ont adopté des pratiques culturales permettant de réduire l'érosion éolienne. Toutefois, au cours de la dernière décennie, le sol entraîné par le vent est redevenu un problème grave, quoique intermittent, à cause de l'avènement d'un temps plus sec et d'un relâchement des mesures de lutte, comme la culture en bande alternante et la plantation d'arbres brise-vent.

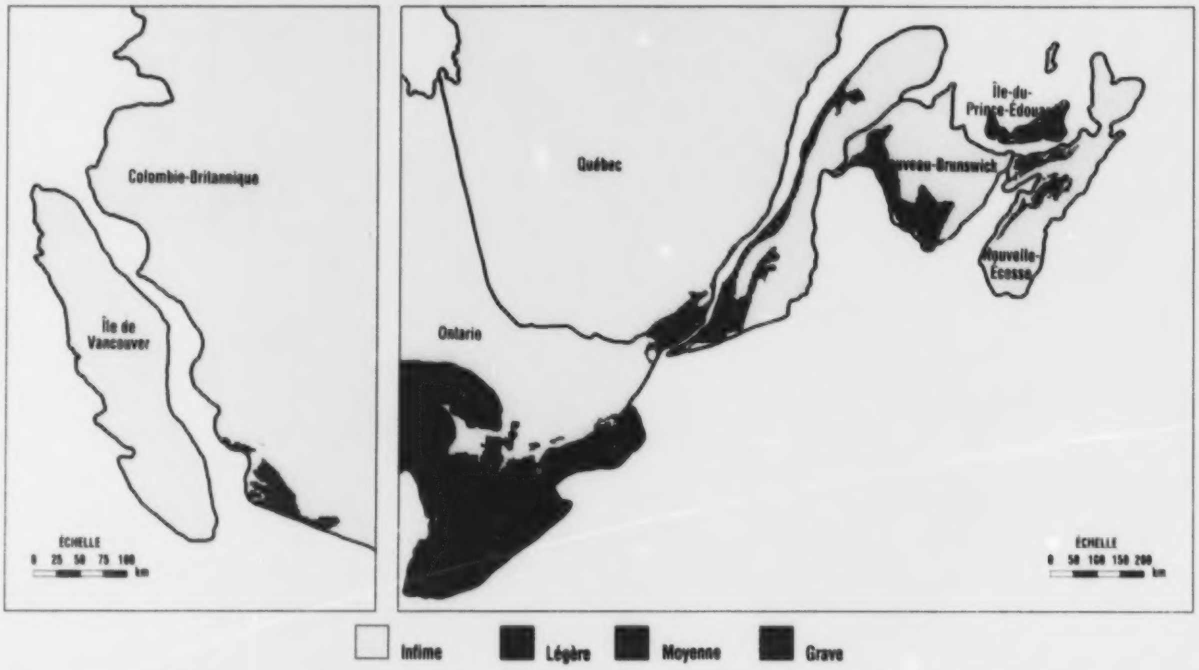
Le compactage du sol

Le compactage du sol est un problème courant dans la vallée inférieure du Fraser, en Colombie-Britannique, et dans certaines parties du centre et de l'est du Canada (figure 9.10). Dumanski et collab. (1986) ont estimé que le coût annuel assumé par les agriculteurs canadiens à cause du compactage se situait entre 68 et 200 millions de dollars (tableau 9.2).

De fréquents passages dans des champs humides et un travail intensif du sol exécuté avec des machines lourdes peuvent faire d'un sol naturellement friable et bien aéré une masse compacte

FIGURE 9.[illegible]

Estimation de l'étendue et de la gravité du compactage du sol sur les terres agricoles



Source : D.R. Coote, Agriculture Canada, communication personnelle.

TABLEAU 9.2

Estimation des répercussions économiques annuelles à la ferme du compactage du sol

Région	Compactage du sol (en millions de $)
Colombie-Britannique	6-12
Provinces des Prairies	*
Ontario	21-71
Québec	30-99
Provinces de l'Atlantique	11-18
Canada	**68-200**

* = Répercussions peu importantes.

Source : Dumanski et collab., 1986.

qui limite la circulation de l'air et de l'eau. Les sols compactés sont souvent sujets à l'érosion éolienne, car la plus grande densité de ces sols empêche l'infiltration de l'eau de pluie et de la fonte des neiges.

Les sols argileux et les sols pauvres en matière organique sont particulièrement vulnérables au compactage. De plus, les cultures de grande production comme la pomme de terre, le maïs, le soja et la betterave à sucre sont souvent associées au problème du compactage, car elles nécessitent de longues saisons de croissance et doivent donc être mises en terre tôt au printemps et récoltées à l'automne lorsque le sol est trop humide. Étant donné que l'on observe souvent un problème du compactage dans les systèmes de rotation culturale, il s'ensuit que le compactage est un phénomène cyclique. Il se peut que la couche de sol compacté soit beaucoup moins visible pendant les années où ces cultures sont remplacées par des céréales ou des plantes fourragères.

On estime que les rendements peuvent diminuer de 60 % lorsque les sols sont très compactés (Fox et Coote, 1986). Les racines pénètrent difficilement un sol compacté, la zone d'enracinement est restreinte et la plante manque d'humidité et d'éléments nutritifs.

L'acidification

L'acidité du sol est un phénomène généralisé au Canada, surtout dans les régions qui reçoivent une assez grande quantité de précipitations. Règle générale, l'acidité est une caractéristique du sol attribuable aux conditions naturelles, comme la présence d'un matériau parental acide et la décomposition des débris végétaux accumulés. On estime que l'incidence des dépôts acides sur l'acidification des sols agricoles est moins importante que celle des engrais (voir le chapitre 24). L'épandage d'engrais, notamment ceux qui contiennent de l'azote et du soufre, contribue à l'acidification des sols réceptifs. Lorsque le pH descend au-dessous de 5,5, les rendements culturaux diminuent. Les agriculteurs ont l'habitude d'appliquer de la chaux sur les sols acides afin de maintenir le pH à un niveau satisfaisant.

On connaît certains effets des sols acidifiés sur l'environnement. La solubilité du fer et de l'aluminium ainsi que de

certains éléments traces et résidus de pesticides présents dans le sol est accrue par l'acidification de ce dernier. Le lessivage possible de ces matières dissoutes dans les ressources hydriques, à des concentrations suffisamment élevées pour provoquer des effets négatifs sur l'environnement, soulève des préoccupations.

La perte de la matière organique du sol

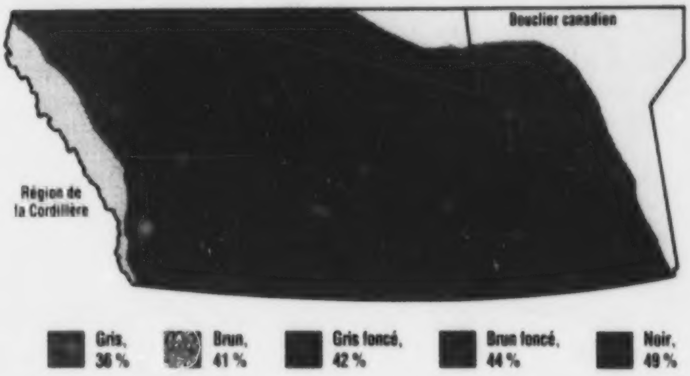
La matière organique contribue au maintien d'un sol stable et bien agrégé, qualités essentielles à une très bonne infiltration de l'eau, à une bonne aération de la zone d'enracinement et à une bonne capacité portante du sol pour les machines. La matière organique contribue également à retenir les éléments nutritifs et l'humidité, donne des éléments nutritifs aux cultures lorsqu'elle se décompose sous l'action des micro-organismes du sol et fournit une capacité d'absorption des cations. La teneur en matière organique du sol dépend de l'équilibre entre la formation et la décomposition du sol.

La matière organique du sol comprend des résidus végétaux, animaux et microbiens à divers stades de décomposition, les micro-organismes eux-mêmes et les humates du sol les plus résistants. En agriculture, un équilibre est finalement atteint lorsque la part de matière organique provenant des résidus de culture remplace les pertes par dégradation chimique et biologique. Cet équilibre est également influencé par la quantité d'éléments nutritifs qui est emportée avec la récolte et par celle qui est apportée par les engrais naturels et artificiels.

Une fois les étendues d'herbages des Prairies transformées en champs de céréales par suite de l'extension de l'agriculture, l'exportation des éléments nutritifs par les cultures, le travail du sol et l'érosion s'est traduite par une perte d'environ 40 à 50 % de la matière organique initiale du sol (figure 9.11). Dans les régions du centre et de l'est du Canada où la culture intensive est pratiquée, la teneur en matière organique des sols est maintenant inférieure de 30 à 40 % à ce qu'elle était lorsque les agriculteurs utilisaient couramment

Pertes de matière organique dans les Prairies, selon les zones de sols

Les pertes en pourcentage s'appliquent à l'horizon du sol supérieur, ou horizon A.



Source : McGill et collab., 1981.

un système de rotation comprenant les fourrages, soit jusque dans les années 1960.

La matière organique présente dans le sol joue de nombreux rôles écologiques. Par exemple, lorsque les résidus de culture sont retournés au sol, une partie du carbone qu'ils contiennent est immobilisée dans le sol en attendant d'être diffusée dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone. Les façons culturales accélèrent le processus d'oxydation de la matière organique et, par conséquent, le dégagement de ce « gaz à effet de serre ». En outre, la matière organique a une plus grande capacité de rétention de nombreux produits chimiques que les particules minérales et, par conséquent, permet de diminuer la contamination des eaux souterraines par les éléments nutritifs et certaines autres substances contaminantes. De plus, grâce à son action sur la structure du sol, la matière organique réduit l'érosion du sol.

L'irrigation

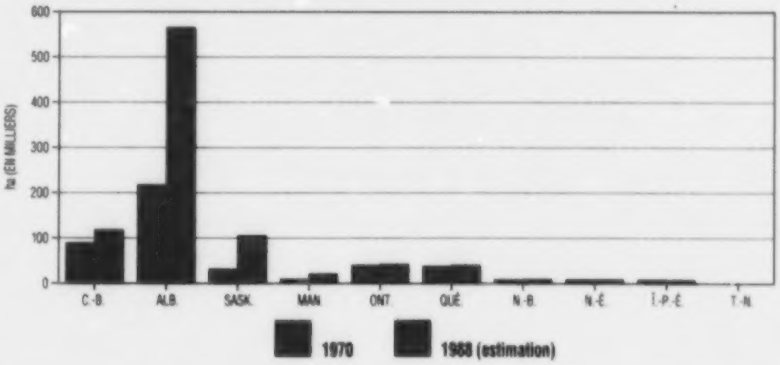
En tant que moyen visant à optimiser la capacité de production des terres, l'irrigation est le plus souvent utilisée au Canada pour la culture des fruits, du tabac et des légumes dans l'Est et pour celle des fourrages, des céréales et des oléagineux dans l'Ouest (Shady, 1989). Au Canada, le recours à l'irrigation est en hausse constante. La figure 9.12 montre que la superficie totale irriguée a plus que doublé entre 1970 et 1988, pour atteindre près de 900 000 ha.

L'irrigation peut avoir des conséquences à la fois négatives et positives. La construction de bassins de retenue peut provoquer l'inondation de forêts, de terres agricoles et de cours d'eau pittoresques, de même que la destruction de sites importants sur le plan historique ou culturel. En outre, elle peut entraîner la perte d'habitats pour les espèces sauvages aquatiques et terrestres. L'aménagement de bassins de retenue et l'exploitation d'ouvrages d'irrigation peuvent modifier le débit et la qualité de l'eau d'une rivière, souvent au détriment des utilisateurs situés en aval. On peut constater un dépôt de sédiments dans les bassins de retenue et une érosion du lit des cours d'eau en aval des barrages. Ces processus peuvent modifier les cycles d'inondation, diminuer la qualité de l'eau et nuire aux populations de poissons. Les fluctuations du niveau d'eau attribuables à la régularisation des réservoirs peuvent également détruire les nids de la sauvagine et les abris des mammifères qui vivent dans l'eau, comme le castor et le rat musqué.

Les préoccupations entourant les terres irriguées résultent de l'utilisation souvent accrue de pesticides et d'engrais

FIGURE 9.12

Tendances des superficies irriguées, par province, 1970–1988



Sources : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1971; Shady, 1989.

TABLEAU 9.3

Estimation des superficies drainées et des superficies nécessitant un drainage à des fins agricoles

Province	Superficies drainées[a] (en milliers d'ha)	Superficies nécessitant un drainage[a] (en milliers d'ha)
Colombie-Britannique	92	600
Alberta	550	1 000
Saskatchewan	3 000	2 000
Manitoba	2 000	2 000
Ontario	1 600	1 600
Québec	600	850
Nouveau-Brunswick	13	52
Nouvelle-Écosse	17	50
Île-du-Prince-Édouard	1	30
Terre-Neuve	1	4
Canada	**7 874**	**8 186**

[a] Comprend l'assèchement superficiel et le drainage souterrain.

Source : Shady, 1989.

par rapport aux conditions habituelles de l'aridoculture. Les résidus de ces produits peuvent atteindre les cours d'eau par l'écoulement restitué ou être lessivés vers les nappes souterraines. On peut également constater la salinisation des sols irrigués et le lessivage subséquent des sels. Dans des régions à sous-sol riche en sels, il est arrivé que des terres adjacentes à des canaux sans écran d'étanchéité deviennent salines et improductives avec la montée de la surface de la nappe souterraine.

On peut aussi observer des concentrations plus élevées de sels dissous dans les cours d'eau où se jette l'écoulement restitué. Ces concentrations ont tendance à diminuer avec le temps, mais elles peuvent devenir inquiétantes lorsque la dilution est insuffisante en période de sécheresse ou de débit d'étiage des cours d'eau.

Par contre, la construction d'ouvrages de retenue peut procurer des avantages, particulièrement dans la région des Prairies où les eaux de surface sont peu abondantes. En plus de fournir de l'eau pour l'irrigation, ces réservoirs offrent à la faune de nouveaux genres d'habitats et peuvent être utilisés pour la pêche et les loisirs. Les projets d'irrigation peuvent également contribuer à accroître les populations fauniques de diverses autres façons. Broussailles et mauvaises herbes poussent souvent en abondance le long des canaux et des clôtures, fournissant un excellent couvert aux oiseaux et aux petits mammifères. Toutefois, ces dernières années, l'utilisation accrue d'herbicides pour réprimer les broussailles et les mauvaises herbes et l'utilisation croissante d'écrans d'étanchéité dans les canaux et de conduits fermés ont eu tendance à diminuer les répercussions positives des ouvrages d'irrigation sur les populations fauniques.

Le drainage

Dans l'est du Canada et dans certaines régions de la Colombie-Britannique, on a couramment recours au drainage souterrain pour évacuer l'eau de sous-sols naturellement saturés. Le drainage améliore l'aération du sol et permet de procéder au travail du sol au moment opportun tout en occasionnant moins de dommages à la structure du sol. En fait, dans de nombreuses régions, il serait impossible de cultiver la terre si cette dernière n'était pas drainée au moyen de tuyaux souterrains ou de canaux. Le tableau 9.3 présente une estimation des superficies mises en valeur par l'assèchement superficiel et le drainage souterrain dans chaque province, ainsi que les superficies nécessitant un drainage à des fins agricoles. Parmi les autres avantages du drainage, citons l'augmentation des rendements, une plus grande facilité d'accès aux terres drainées et l'amélioration de leur portance pour les machines agricoles.

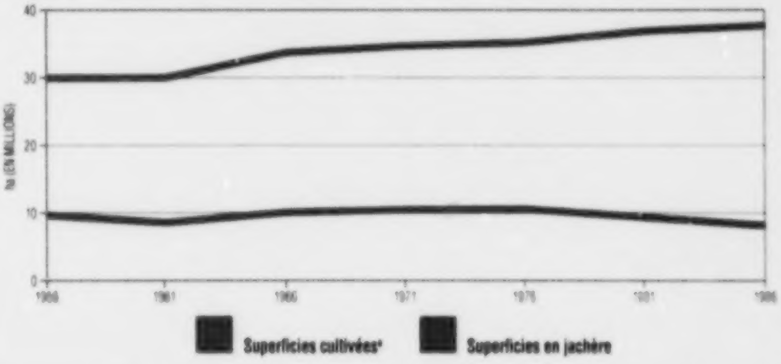
Cependant, le drainage pratiqué en vue d'améliorer la productivité agricole peut également avoir des effets négatifs. Un drainage accru peut accélérer le taux de pénétration des produits chimiques agricoles dans les bassins hydrographiques situés en aval, ce qui diminue la qualité de l'eau et contribue à l'eutrophisation ou vieillissement prématuré des cours d'eau et des lacs. La canalisation des voies de drainage peut également provoquer l'assèchement de marais, de marécages et d'étangs, éliminant ou modifiant ainsi les habitats fauniques et floristiques. En Ontario, la conversion des milieux humides en terres agricoles productives a été le principal facteur de la perte d'habitats de la sauvagine (Girt, 1990). Selon des études régionales, on estime que 68 % des milieux humides du sud de l'Ontario (au sud du Bouclier précambrien) et 71 % de ceux des Prairies ont été perdus, en grande partie à cause du drainage agricole (Environnement Canada, 1986; Snell, 1987; Clarke et collab., 1989).

Face aux préoccupations grandissantes au sujet des effets néfastes du drainage sur l'environnement, de nombreuses autorités administratives revoient

leurs règles afin de s'assurer que l'on drainera seulement les terres qui peuvent procurer les meilleurs avantages sur le plan de la production agricole, au moindre coût pour l'environnement. Cette façon de procéder signifie qu'il faudra accorder une plus grande attention aux avantages écologiques des habitats situés dans les milieux humides et qu'il faudra effectuer une analyse plus complète des coûts et des avantages du drainage, surtout lorsque des fonds publics ou des subventions sont en jeu. Dans certaines provinces, la valeur des milieux humides a été établie en fonction de critères écologiques et de l'importance des habitats, et des politiques de protection des milieux humides ont été mises en œuvre.

FIGURE 9.13

Tendances comparées des superficies cultivées et des superficies en jachère dans les provinces des Prairies, 1956–1986



* Superficies cultivées = superficies mises en culture, pâturages améliorés et jachères.

Source : Statistique Canada et Recensement de l'agriculture, 1956–1986.

La salinisation des terres arides

La salinisation des terres arides est avant tout un processus naturel, que l'on observe le plus souvent dans l'ouest du Canada où il y a d'importants réseaux régionaux d'eaux souterraines. Les sols solonetziques, ou sols à alcalis, se sont formés dans les régions où les sous-sols ont des teneurs élevées en sels de sodium et où la surface des nappes souterraines est peu profonde. Ils couvrent une superficie de 6 à 8 millions d'hectares dans l'ouest du Canada. Ils sont généralement apparus bien avant l'arrivée des colons et les débuts de l'agriculture.

Une salinité induite ou secondaire s'installe lorsque les sels se concentrent à proximité ou à la surface du sol par suite de modifications récentes des nappes souterraines proches de la surface, modifications qui accélèrent l'évaporation de surface. Des activités humaines comme le remplacement de la végétation naturelle par des céréales à cycle court et la mise en jachère peuvent être à l'origine de ces modifications.

Les sels détériorent la qualité de l'eau destinée aux usages domestiques, au bétail et à l'irrigation. Dans les régions de sols salins, la qualité de l'eau peut être altérée lorsque les sels atteignent les cours d'eau, les lacs ou les formations aquifères. L'eau salée provenant du drainage de sols salins peut dégrader la qualité des zones voisines en pente descendante. Les spécialistes de la qualité de l'eau surveillent actuellement les terres salines assainies afin de déterminer s'il est nécessaire de prendre des mesures pour limiter le drainage.

Selon des estimations, environ 2,2 millions d'hectares ou quelque 6 % des terres améliorées des Prairies pourraient présenter un problème de salinité secondaire (Dumanski et collab., 1986). On fait actuellement des recherches afin d'établir le rythme de salinisation des sols. Le problème sévit dans les régions du sud et du centre de l'Alberta et de la Saskatchewan et dans des zones éparses du Manitoba. D'après des estimations récentes, la perte attribuable à la salinité se situe entre 104 et 257 millions de dollars par année.

La jachère

La pratique de la jachère a été développée dans les Prairies en vue de contrer les effets de la sécheresse, l'une des contraintes majeures qui s'exercent sur la production agricole dans cette région. Les terres mises en jachère ne sont pas cultivées, ce qui limite la croissance des mauvaises herbes, réduit l'évapotranspiration et conserve l'humidité. La jachère apporte également des éléments nutritifs pour la récolte de l'année suivante en favorisant l'oxydation de la matière organique et la minéralisation des éléments nutritifs qu'elle contient. Toutefois, le fait de laisser le sol à nu accélère l'érosion et ralentit finalement l'activité biologique par suite de la perte de matière organique et de végétation vivante. De plus, cette pratique peut accroître la salinité du sol.

Au Canada, presque toutes les jachères (98 %) se trouvent en Saskatchewan, en Alberta et au Manitoba. En 1986, quelque 8,3 millions d'hectares de terres agricoles des Prairies ont été mis en jachère, soit 22 % de moins que le record atteint dans les années 1970 (figure 9.13). En outre, le pourcentage d'exploitations agricoles des Prairies déclarant des mises en jachère n'a pas progressé au même rythme que la croissance des mises en culture. Ainsi, en 1956, près d'un tiers des champs cultivés étaient en jachère. En 1986, ce rapport était tombé à environ un cinquième.

Cette diminution généralisée des mises en jachère est attribuable au fait que les agriculteurs ont compris que, sauf dans les régions très sèches, il y a la plupart des années suffisamment d'humidité dans le sol pour les cultures et que les avantages économiques d'une récolte annuelle dépassent de loin le faible avantage procuré par l'augmentation de l'humidité du sol par suite des jachères fréquentes. En outre, la dégradation du

ENCADRÉ 9.1

Travailler ou ne pas travailler le sol?

Pendant des millénaires, une notion fondamentale a servi de fondement à la plupart des travaux agricoles : pour faire pousser une culture, l'agriculteur doit d'abord travailler le sol. De la pioche de nos ancêtres aux instruments aratoires d'aujourd'hui fonctionnant au diesel, l'évolution des techniques utilisées dans les exploitations agricoles témoigne de la recherche de moyens toujours plus efficaces pour remuer les premiers centimètres de l'écorce terrestre.

Malgré une utilisation généralisée, le travail classique du sol (c.-à.-d. le labourage et le hersage qui permettent de préparer le lit de semence, les façons culturales qui permettent de lutter contre les mauvaises herbes, l'enfouissement des résidus de culture) comporte des désavantages. Il exige beaucoup de temps, d'argent et d'énergie; en outre, il rend le sol vulnérable aux dommages causés par l'érosion et le compactage et peut accélérer l'appauvrissement de ses éléments nutritifs et la perte de sa matière organique. Afin d'améliorer la conservation du sol, les chercheurs travaillent à la mise au point de solutions de rechange acceptables que l'on appelle collectivement des méthodes culturales de conservation du sol.

Le **travail réduit du sol**, comme l'expression le laisse entendre, est une méthode qui préconise un nombre réduit de façons culturales au cours de la campagne agricole. Il a pour objectif de diminuer l'érosion en laissant davantage de résidus de culture sur le sol, de conserver l'humidité du sol en réduisant l'évaporation et de comprimer les coûts de la main-d'oeuvre et du combustible.

Le **travail minimum du sol** comporte encore moins de façons culturales et suppose généralement l'épandage d'herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes qui ne sont pas détruites par le travail du sol.

La **culture sans travail du sol** suppose l'ensemencement ou la plantation directement sur les débris végétaux ou le chaume, sur un sol non travaillé, à l'aide de planteuses et de semoirs spéciaux qui passent à travers les résidus. Les débris de la récolte sont répandus sur le champ et forment une couche de résidus. Dans les régions sèches comme les Prairies, ces résidus retiennent la neige en hiver et servent de paillis l'été en vue de conserver l'humidité. Dans ce système, les herbicides jouent souvent un rôle important dans la lutte contre les mauvaises herbes. Cependant, on n'utilise généralement pas plus d'herbicides qu'avec le travail traditionnel du sol.

Comme c'est souvent le cas lorsqu'on rompt avec la tradition, le travail de conservation du sol suscite encore de nombreux débats parmi certains agriculteurs. Le choix de la méthode peut varier considérablement, selon les conditions pédologiques et climatiques qui existent dans une région donnée du pays. De façon générale, cependant, l'utilisation des méthodes culturales de conservation du sol au lieu des méthodes classiques confère des avantages importants, notamment :

- une réduction de l'érosion du sol;
- l'amélioration de la teneur en eau du sol;
- l'augmentation de la matière organique du sol;
- la diminution des besoins de main-d'oeuvre et d'énergie.

sol est moins marquée : un plus grand nombre de champs étant pourvus d'un couvert végétal, le risque global d'érosion éolienne et hydrique diminue considérablement.

Dans les régions plus sèches des Prairies, il est nécessaire de procéder à certains types de mises en jachère pour conserver assez d'humidité pour les cultures. Dans certaines de ces régions, le taux des mises en jachère est maintenu. Là où le risque de sécheresse est élevé et où les rendements sont faibles sans irrigation, la jachère fait la différence, certaines années, entre l'obtention ou non d'une récolte. À long terme, on peut se demander si ces terres devraient être cultivées avec les techniques actuelles, étant donné les problèmes accrus d'érosion et la perte possible de fertilité du sol. Il existe d'autres moyens de conserver l'humidité du sol et il faudrait généralement éviter de laisser le sol à nu.

Les pratiques de conservation et les stratégies d'atténuation

Lorsque les sols cultivés ne sont pas suffisamment protégés par des plantes de couverture ou par des résidus de culture, ils deviennent sensibles à la dégradation. Dans les régions où il existe de longues pentes et sur les sols compactés ou imperméables, le risque de dégradation est encore plus grand. Le problème est aggravé par de mauvaises méthodes de gestion comme la monoculture, le travail du sol exécuté parallèlement aux pentes et le labourage d'automne. Pour ralentir le ruissellement et protéger la surface du sol, il faut laisser une couverture suffisante constituée par des résidus de culture ou par une culture de couverture hivernale. Les méthodes culturales de conservation du sol visent à protéger le sol contre l'érosion en laissant à sa surface au moins 30 % de résidus de culture. La culture sans travail du sol (semis direct) est un exemple extrême d'une stratégie de travail réduit du sol (voir l'encadré 9.1). Des relevés portant sur les résidus de culture dans les Prairies ont montré que

des rendements médiocres associés à des pratiques de travail intensif du sol, en particulier sur les jachères, n'ont pas permis de laisser une couverture protectrice suffisante pour empêcher l'érosion sur plus de 95 % des champs en jachère et sur 17 à 30 % des champs cultivés.

Selon les estimations actuelles, environ 1 à 5 % des superficies cultivées dans les Prairies font l'objet d'une culture sans travail du sol et entre 15 et 20 % de superficies additionnelles sont travaillées à l'aide d'autres méthodes de conservation du sol (Olsen, 1988). La diminution des jachères observée dans les Prairies depuis les années 1960 atteste de la popularité croissante des programmes de promotion de la conservation des sols.

D'après un relevé effectué dans le sud-ouest de l'Ontario, environ 20 % des agriculteurs avaient modifié leurs méthodes de travail du sol entre 1981 et 1986 (Coleman et Roberts, 1987). La réduction de l'érosion du sol était leur principal objectif. Dans cette région, les programmes provinciaux ont encouragé l'utilisation de méthodes culturales de conservation du sol et de systèmes de rotation ainsi que la plantation d'un couvert permanent sur les pentes très sujettes à l'érosion.

Dans les provinces maritimes, pour lutter contre l'érosion, on a recours le plus souvent à l'aménagement de terrasses. Il s'agit de construire une série de canaux perpendiculaires à la pente afin de réduire sa longueur et d'intercepter et de diriger l'écoulement de surface vers des voies d'eau gazonnées. Entre 1968 et 1988, on a construit, au Nouveau-Brunswick, ce genre d'ouvrage de protection contre l'érosion sur quelque 4 400 ha consacrés à la culture de la pomme de terre (J.L. Daigle, ministère de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick, communication personnelle). Certains producteurs novateurs de pommes de terre des Maritimes ont collaboré étroitement avec le gouvernement en vue d'améliorer les méthodes de conservation du sol et de lutte contre l'érosion. Parmi les mesures agronomiques visant à réduire l'érosion du sol, on compte les rotations culturales, les cultures d'enfouissement, les cultures de couverture hivernales, la culture en courbes de niveau, la culture en bande alternante et les façons culturales de conservation du sol. On encourage les rotations comprenant des cultures céréalières et fourragères et la culture des pommes de terre seulement une fois tous les deux ou trois ans.

L'ajout de matière organique au sol sous la forme de fumier accroît l'activité biologique, la formation d'agrégats et la capacité de rétention d'eau du sol, améliore la structure et la conductivité hydraulique du sol et peut réduire le ruissellement et l'érosion du sol. Cependant, l'utilisation exagérée de fumier peut être dangereuse pour l'environnement.

Les programmes et les stratégies

Les problèmes de dégradation des sols et de détérioration de la qualité de l'environnement dont il est question dans les pages précédentes ont retenu l'attention des agriculteurs. Malgré des contraintes économiques les incitant à maximiser leur productivité, ils sont de plus en plus nombreux à être conscients de l'importance à long terme de bien gérer leurs terres et à souhaiter des politiques et des programmes favorisant la conservation des ressources agricoles.

Les relevés pédologiques et hydrographiques et les programmes de surveillance

Un éventail de programmes généralement issus d'ententes de collaboration entre le gouvernement fédéral et les provinces permettent de recueillir de l'information sur les tendances de la qualité du sol et de l'eau. À l'heure actuelle, le Canada consacre chaque année environ 6 millions de dollars à des programmes permanents de relevés et à des études spéciales dans le cadre d'ententes fédérales-provinciales de développement économique et régional; la contribution annuelle des provinces se chiffre à environ 4 millions de dollars.

La surveillance à long terme de la dégradation des sols, tant de sa nature que de sa vitesse de progression, est assurée par le biais du Programme d'évaluation de la qualité des sols, volet du Programme national de conservation des sols. Le programme d'évaluation fait partie des mesures prises par Agriculture Canada en réponse à la nécessité impérieuse d'établir un système de surveillance pour déterminer la qualité des sols à l'échelle nationale et évaluer la réaction des sols aux contraintes du milieu et aux méthodes d'utilisation des terres. Le but visé est de fournir des rapports périodiques sur « l'état des sols ».

Un inventaire des ressources hydriques à la ferme fait également partie du programme des relevés pédologiques; il comprend des mesures du niveau des nappes souterraines, des classes de sol propices au drainage, de la quantité d'eau disponible pour les plantes, du taux de salinité et de la pertinence de travaux d'irrigation. D'autres études permettent d'évaluer la qualité des eaux souterraines et des eaux de drainage.

Les services relatifs à la conservation des sols et de l'eau

Il incombe avant tout aux gouvernements provinciaux de fournir aux agriculteurs des services relatifs à la conservation des sols et de l'eau. Les services provinciaux de vulgarisation agricole offrent des programmes de conservation des sols et de l'eau ainsi que de gestion des sols pour en améliorer la productivité. Dans les provinces des Prairies, le gouvernement fédéral offre également une aide technique et financière par le biais de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies.

L'Ontario s'est résolument engagée à conserver ses sols en mettant sur pied le Programme ontarien d'aide à la préservation du sol et à la protection de l'environnement et le Programme de gestion des terres. Les spécialistes provinciaux en conservation des sols ont également participé au programme de recherche et de démonstration « Tillage 2000 », axé sur le développement et le transfert de technologies favorisant le travail de conservation du sol, de même qu'au programme « Production alimentaire

ENCADRÉ 9.1

Travailler ou ne pas travailler le sol?

Pendant des millénaires, une notion fondamentale a servi de fondement à la plupart des travaux agricoles : pour faire pousser une culture, l'agriculteur doit d'abord travailler le sol. De la pioche de nos ancêtres aux instruments aratoires d'aujourd'hui fonctionnant au diesel, l'évolution des techniques utilisées dans les exploitations agricoles témoigne de la recherche de moyens toujours plus efficaces pour remuer les premiers centimètres de l'écorce terrestre.

Malgré une utilisation généralisée, le travail classique du sol (c.-à.-d. le labourage et le hersage qui permettent de préparer le lit de semence, les façons culturales qui permettent de lutter contre les mauvaises herbes, l'enfouissement des résidus de culture) comporte des désavantages. Il exige beaucoup de temps, d'argent et d'énergie; en outre, il rend le sol vulnérable aux dommages causés par l'érosion et le compactage et peut accélérer l'appauvrissement de ses éléments nutritifs et la perte de sa matière organique. Afin d'améliorer la conservation du sol, les chercheurs travaillent à la mise au point de solutions de rechange acceptables que l'on appelle collectivement des méthodes culturales de conservation du sol.

Le **travail réduit du sol**, comme l'expression le laisse entendre, est une méthode qui préconise un nombre réduit de façons culturales au cours de la campagne agricole. Il a pour objectif de diminuer l'érosion en laissant davantage de résidus de culture sur le sol, de conserver l'humidité du sol en réduisant l'évaporation et de comprimer les coûts de la main-d'oeuvre et du combustible.

Le **travail minimum du sol** comporte encore moins de façons culturales et suppose généralement l'épandage d'herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes qui ne sont pas détruites par le travail du sol.

La **culture sans travail du sol** suppose l'ensemencement ou la plantation directement sur les débris végétaux ou le chaume, sur un sol non travaillé, à l'aide de planteuses et de semoirs spéciaux qui passent à travers les résidus. Les débris de la récolte sont répandus sur le champ et forment une couche de résidus. Dans les régions sèches comme les Prairies, ces résidus retiennent la neige en hiver et servent de paillis l'été en vue de conserver l'humidité. Dans ce système, les herbicides jouent souvent un rôle important dans la lutte contre les mauvaises herbes. Cependant, on n'utilise généralement pas plus d'herbicides qu'avec le travail traditionnel du sol.

Comme c'est souvent le cas lorsqu'on rompt avec la tradition, le travail de conservation du sol suscite encore de nombreux débats parmi certains agriculteurs. Le choix de la méthode peut varier considérablement, selon les conditions pédologiques et climatiques qui existent dans une région donnée du pays. De façon générale, cependant, l'utilisation des méthodes culturales de conservation du sol au lieu des méthodes classiques confère des avantages importants, notamment :

- une réduction de l'érosion du sol;
- l'amélioration de la teneur en eau du sol;
- l'augmentation de la matière organique du sol;
- la diminution des besoins de main-d'oeuvre et d'énergie.

sol est moins marquée : un plus grand nombre de champs étant pourvus d'un couvert végétal, le risque global d'érosion éolienne et hydrique diminue considérablement.

Dans les régions plus sèches des Prairies, il est nécessaire de procéder à certains types de mises en jachère pour conserver assez d'humidité pour les cultures. Dans certaines de ces régions, le taux des mises en jachère est maintenu. Là où le risque de sécheresse est élevé et où les rendements sont faibles sans irrigation, la jachère fait la différence, certaines années, entre l'obtention ou non d'une récolte. À long terme, on peut se demander si ces terres devraient être cultivées avec les techniques actuelles, étant donné les problèmes accrus d'érosion et la perte possible de fertilité du sol. Il existe d'autres moyens de conserver l'humidité du sol et il faudrait généralement éviter de laisser le sol à nu.

Les pratiques de conservation et les stratégies d'atténuation

Lorsque les sols cultivés ne sont pas suffisamment protégés par des plantes de couverture ou par des résidus de culture, ils deviennent sensibles à la dégradation. Dans les régions où il existe de longues pentes et sur les sols compactés ou imperméables, le risque de dégradation est encore plus grand. Le problème est aggravé par de mauvaises méthodes de gestion comme la monoculture, le travail du sol exécuté parallèlement aux pentes et le labourage d'automne. Pour ralentir le ruissellement et protéger la surface du sol, il faut laisser une couverture suffisante constituée par des résidus de culture ou par une culture de couverture hivernale. Les méthodes culturales de conservation du sol visent à protéger le sol contre l'érosion en laissant à sa surface au moins 30 % de résidus de culture. La culture sans travail du sol (semis direct) est un exemple extrême d'une stratégie de travail réduit du sol (voir l'encadré 9.1). Des relevés portant sur les résidus de culture dans les Prairies ont montré que

des rendements médiocres associés à des pratiques de travail intensif du sol, en particulier sur les jachères, n'ont pas permis de laisser une couverture protectrice suffisante pour empêcher l'érosion sur plus de 95 % des champs en jachère et sur 17 à 30 % des champs cultivés.

Selon les estimations actuelles, environ 1 à 5 % des superficies cultivées dans les Prairies font l'objet d'une culture sans travail du sol et entre 15 et 20 % de superficies additionnelles sont travaillées à l'aide d'autres méthodes de conservation du sol (Olsen, 1988). La diminution des jachères observée dans les Prairies depuis les années 1960 atteste de la popularité croissante des programmes de promotion de la conservation des sols.

D'après un relevé effectué dans le sud-ouest de l'Ontario, environ 20 % des agriculteurs avaient modifié leurs méthodes de travail du sol entre 1981 et 1986 (Coleman et Roberts, 1987). La réduction de l'érosion du sol était leur principal objectif. Dans cette région, les programmes provinciaux ont encouragé l'utilisation de méthodes culturales de conservation du sol et de systèmes de rotation ainsi que la plantation d'un couvert permanent sur les pentes très sujettes à l'érosion.

Dans les provinces maritimes, pour lutter contre l'érosion, on a recours le plus souvent à l'aménagement de terrasses. Il s'agit de construire une série de canaux perpendiculaires à la pente afin de réduire sa longueur et d'intercepter et de diriger l'écoulement de surface vers des voies d'eau gazonnées. Entre 1968 et 1988, on a construit, au Nouveau-Brunswick, ce genre d'ouvrage de protection contre l'érosion sur quelque 4 400 ha consacrés à la culture de la pomme de terre (J.L. Daigle, ministère de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick, communication personnelle). Certains producteurs novateurs de pommes de terre des Maritimes ont collaboré étroitement avec le gouvernement en vue d'améliorer les méthodes de conservation du sol et de lutte contre l'érosion. Parmi les mesures agronomiques visant à réduire l'érosion du sol, on compte les rotations culturales, les cultures d'enfouissement, les cultures de couverture hivernales, la culture en courbes de niveau, la culture en bande alternante et les façons culturales de conservation du sol. On encourage les rotations comprenant des cultures céréalières et fourragères et la culture des pommes de terre seulement une fois tous les deux ou trois ans.

L'ajout de matière organique au sol sous la forme de fumier accroît l'activité biologique, la formation d'agrégats et la capacité de rétention d'eau du sol, améliore la structure et la conductivité hydraulique du sol et peut réduire le ruissellement et l'érosion du sol. Cependant, l'utilisation exagérée de fumier peut être dangereuse pour l'environnement.

Les programmes et les stratégies

Les problèmes de dégradation des sols et de détérioration de la qualité de l'environnement dont il est question dans les pages précédentes ont retenu l'attention des agriculteurs. Malgré des contraintes économiques les incitant à maximiser leur productivité, ils sont de plus en plus nombreux à être conscients de l'importance à long terme de bien gérer leurs terres et à souhaiter des politiques et des programmes favorisant la conservation des ressources agricoles.

Les relevés pédologiques et hydrographiques et les programmes de surveillance

Un éventail de programmes généralement issus d'ententes de collaboration entre le gouvernement fédéral et les provinces permettent de recueillir de l'information sur les tendances de la qualité du sol et de l'eau. À l'heure actuelle, le Canada consacre chaque année environ 6 millions de dollars à des programmes permanents de relevés et à des études spéciales dans le cadre d'ententes fédérales-provinciales de développement économique et régional; la contribution annuelle des provinces se chiffre à environ 4 millions de dollars.

La surveillance à long terme de la dégradation des sols, tant de sa nature que de sa vitesse de progression, est assurée par le biais du Programme d'évaluation de la qualité des sols, volet du Programme national de conservation des sols. Le programme d'évaluation fait partie des mesures prises par Agriculture Canada en réponse à la nécessité impérieuse d'établir un système de surveillance pour déterminer la qualité des sols à l'échelle nationale et évaluer la réaction des sols aux contraintes du milieu et aux méthodes d'utilisation des terres. Le but visé est de fournir des rapports périodiques sur « l'état des sols ».

Un inventaire des ressources hydriques à la ferme fait également partie du programme des relevés pédologiques; il comprend des mesures du niveau des nappes souterraines, des classes de sol propices au drainage, de la quantité d'eau disponible pour les plantes, du taux de salinité et de la pertinence de travaux d'irrigation. D'autres études permettent d'évaluer la qualité des eaux souterraines et des eaux de drainage.

Les services relatifs à la conservation des sols et de l'eau

Il incombe avant tout aux gouvernements provinciaux de fournir aux agriculteurs des services relatifs à la conservation des sols et de l'eau. Les services provinciaux de vulgarisation agricole offrent des programmes de conservation des sols et de l'eau ainsi que de gestion des sols pour en améliorer la productivité. Dans les provinces des Prairies, le gouvernement fédéral offre également une aide technique et financière par le biais de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies.

L'Ontario s'est résolument engagée à conserver ses sols en mettant sur pied le Programme ontarien d'aide à la préservation du sol et à la protection de l'environnement et le Programme de gestion des terres. Les spécialistes provinciaux en conservation des sols ont également participé au programme de recherche et de démonstration « Tillage 2000 », axé sur le développement et le transfert de technologies favorisant le travail de conservation du sol, de même qu'au programme « Production alimentaire

2002 », dont l'objectif est de réduire de 50 % l'utilisation des pesticides d'ici 2002. Dans le bassin hydrographique du lac Érié, un programme fédéral-provincial quinquennal doté d'un budget de 30 millions de dollars, connu sous le nom de Programme d'amélioration du milieu pédologique et aquatique, a été mis sur pied dans le cadre de l'Accord canado-américain sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs; ce programme vise à réduire la migration du phosphore des terres agricoles vers les Grands Lacs.

En Alberta, un vaste programme de conservation des sols et de l'eau à la ferme a été mis en œuvre par des spécialistes du ministère de l'Agriculture de l'Alberta et de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies. Une aide a également été offerte dans le cadre de l'Entente Canada-Alberta sur la recherche et le transfert de technologies en matière de conservation des sols et de l'eau et de gestion des cultures.

Le Québec a aussi mis en œuvre un important programme de conservation des sols, en grande partie sous l'égide de l'Entente fédérale-provinciale de développement économique et régional. Il fournit annuellement des incitatifs et une aide d'une valeur approximative de 39 millions de dollars pour l'entreposage, la manipulation et l'utilisation rationnelle du fumier (afin de réduire la contamination des eaux de surface par les écoulements de fumier et d'améliorer la fertilité). Il s'agit là d'une des plus grosses contributions à l'amélioration de la qualité de l'environnement liées à l'agriculture au Canada.

Le Nouveau-Brunswick a géré avec assez de succès un programme de conservation des sols dans la région de culture de la pomme de terre, où l'on peut maintenant voir de vastes superficies aménagées en terrasses. L'Île-du-Prince-Édouard offre un programme similaire. En Saskatchewan et au Manitoba, on a mis en place, entre 1984 et 1989, de vastes programmes coopératifs fédéraux-provinciaux de conservation des sols dans le cadre des Ententes auxiliaires sur le développement agro-alimentaire régional, afin d'élargir les activités existantes de conservation des sols.

À l'exception du Québec et de l'Ontario, les provinces ont fourni très peu d'aide financière et technique directe aux agriculteurs pour qu'ils surveillent la qualité des eaux de ruissellement provenant de leurs exploitations de culture et d'élevage. L'Administration du rétablissement agricole des Prairies fournit une certaine aide pour les travaux d'épandage des eaux résiduaires par irrigation dans les trois provinces des Prairies.

L'annonce de la mise en œuvre du Programme national de conservation des sols a été faite en décembre 1987. Les 75 millions de dollars consentis par le gouvernement fédéral au titre de ce programme devaient être égalés par les provinces sur trois ans; la contribution totale de 150 millions de dollars devait être répartie entre les provinces en fonction de l'état de dégradation des sols et de la volonté de la province de partager les coûts. Une aide technique et financière à la ferme a été offerte pour les pratiques de conservation des sols, les démonstrations, la recherche, la surveillance et les campagnes de sensibilisation du public. Le Programme national de conservation des sols est un volet important de la stratégie agricole nationale adoptée par les premiers ministres en novembre 1986. Pendant que le programme suivait son cours, un comité fédéral-provincial sur la protection de l'environnement, établi en 1989, a élaboré un plan d'action pour résoudre non seulement les problèmes de sol et d'eau, mais également toutes les questions se rapportant à la protection de l'environnement, notamment les habitats fauniques et floristiques, les ressources génétiques, l'air et le climat ainsi que la gestion des déchets. De nombreux aspects de ce plan d'action seront retenus lors de la mise en œuvre, en 1991–1997, du volet du Plan vert du Canada sur une agriculture durable (Gouvernement du Canada, 1990).

Après la signature, par le Canada et les États-Unis, du Protocole de 1987 sur l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, on a annoncé, en octobre 1987, la mise en œuvre d'un programme quinquennal de 125 millions de dollars destiné à améliorer la qualité de l'eau des Grands Lacs. Ce programme met l'accent sur les projets de restauration et de conservation ainsi que sur les plans de lutte contre la pollution par les produits chimiques toxiques, y compris les produits issus de l'activité agricole. Il favorise également les mesures visant à endiguer et à réduire la contamination dans les sédiments, les eaux souterraines, les eaux de ruissellement et les dépôts atmosphériques.

Sur un autre front, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, signé en 1986 (U.S. Fish and Wildlife Service et Service canadien de la faune, 1986), a pour but d'améliorer l'habitat de la sauvagine dans 34 zones désignées au Canada, ce qui représente 2,2 millions d'hectares de terres agricoles marginales, et de rétablir les populations de sauvagine aux niveaux du milieu des années 1970. Financé par des sources publiques et privées tant du Canada que des États-Unis, ce programme consacrera plus d'un milliard de dollars à la protection et à l'amélioration de l'habitat de la sauvagine sur 15 ans. Parmi ses stratégies, on trouve des ententes avec les agriculteurs afin qu'ils conservent ou améliorent leurs milieux humides.

Certains sont préoccupés par le fait que les mesures de protection accordées au secteur agricole puissent décourager les agriculteurs de conserver des terres à d'autres fins. Par exemple, on craint que certains programmes d'assurance-récolte garantissant un rendement minimal sur les superficies ensemencées puissent ralentir la réaffectation des terres marginales en prairies dans le cadre de programmes axés sur la conservation, comme Prairie Care et les ententes conclues en vertu du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. Il se pourrait même que des agriculteurs désirent soustraire leurs terres des programmes existants d'établissement du couvert végétal permanent. Institués depuis peu, les examens

environnementaux des programmes fédéraux ou fédéraux-provinciaux d'assurance-récolte et de subventions permettront d'atténuer les incompatibilités entre les programmes agricoles et les préoccupations environnementales. Canards Illimités Canada, en collaboration avec d'autres organismes de conservation, est actuellement en train d'évaluer les incidences des programmes de revenu garanti sur ses propres projets.

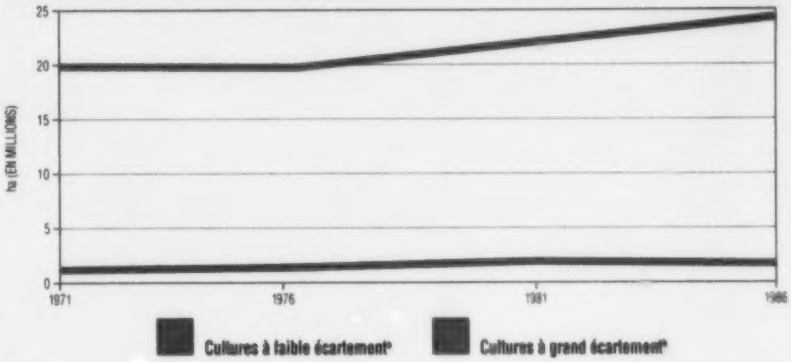
Les campagnes de sensibilisation à la conservation

Les gouvernements fédéral et provinciaux ont l'obligation de sensibiliser le public au problème de la dégradation des sols et de l'eau. Le Programme national de conservation des sols, le Programme d'amélioration du milieu pédologique et aquatique et le Programme d'initiatives sur la qualité de l'eau des Grands Lacs comprennent tous des volets de sensibilisation du public. Les services provinciaux de vulgarisation accordent beaucoup d'importance à l'information et au transfert de technologies destinés aux agriculteurs et bon nombre d'entre eux travaillent activement à sensibiliser le grand public à la question de la conservation des sols. Conservation des sols Canada, un organisme sans but lucratif regroupant des agriculteurs et des spécialistes de l'industrie, du gouvernement et du secteur de l'enseignement, travaille également à la sensibilisation du public sur les questions de conservation des sols. De telles activités reçoivent l'appui d'un large éventail de groupes d'agriculteurs et d'écologistes. Plus récemment, la sensibilisation aux problèmes de conservation a été reconnue comme un sujet important parmi toutes les questions reliées à la pérennité de l'environnement (Agriculture Canada, 1990).

Les productions végétales

Les méthodes de production végétale peuvent avoir sur l'environnement des effets négatifs, neutres ou positifs. Par exemple, les cultures à grand écartement, comme le maïs, la pomme de terre et certains légumes, sont souvent associées à des problèmes de dégradation des sols. La figure 9.14 illustre les tendances, sur 15 ans, de certaines pratiques culturales. La superficie totale consacrée aux principales cultures à faible écartement a augmenté d'environ 20 % entre 1971 et 1986, tendance qui peut être attribuable en partie à l'utilisation de terres à rendement marginal pour la production végétale. Par ailleurs, les cultures à grand écartement ont souvent été associées à la dégradation des sols. Le sol laissé à nu entre les rangs est très sensible à l'érosion hydrique. De plus, la culture du maïs entraîne le compactage du sol. Malgré l'augmentation de la superficie totale consacrée à la culture du maïs, on a maintenant recours de façon plus courante à des pratiques culturales écologiques comme la rotation des cultures, le travail de conservation du sol, l'ensemencement en interligne de légumineuses et la culture en bande alternante. Par ailleurs, les cultures à faible écartement, comme les céréales, le colza et le lin, sont moins souvent associées à des problèmes environnementaux que les cultures à grand écartement.

Tendances des pratiques culturales au Canada, 1971–1986



[a] Blé, avoine, orge, colza et lin.

[b] Maïs, pommes de terre, légumes, petits pois et haricots.

Source : Statistique Canada, Recensement de l'agriculture, 1971–1986.

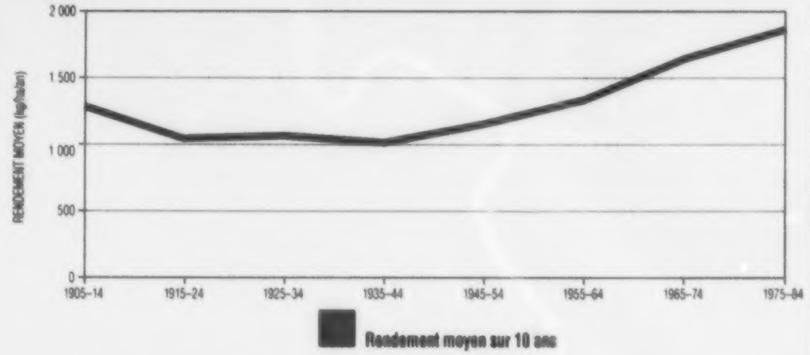
Les engrais

De nos jours, les éléments nutritifs dont la plupart des cultures ont besoin viennent de l'air et de l'eau mais aussi d'un programme de maintien de la fertilité du sol, qui peut inclure des légumineuses dans la séquence des rotations ainsi que l'épandage d'engrais chimiques ou de fumier, voire les deux. Les principaux éléments, ou éléments primaires, fournis par les sols et les engrais sont l'azote, le phosphore et le potassium. Nous savons beaucoup de choses sur l'utilisation et les avantages de ces éléments. Toutefois, d'autres éléments sont également nécessaires pour assurer la croissance des plantes : il s'agit des éléments secondaires (calcium, magnésium, soufre) et des oligo-éléments (p. ex., fer, manganèse, bore). On sait moins de choses à propos de ces oligo-éléments. C'est pourquoi leur utilisation et leur incorporation aux engrais ont eu tendance à être inefficaces.

Lorsque les colons se sont mis à cultiver les sols des Prairies, ils ont obtenu des rendements élevés, car les sols étaient riches en matière organique. Les pratiques culturales ont diminué les réserves naturelles du sol en éléments nutritifs et, après 20 ou 30 ans, le fléchissement des rendements a mis en évidence la nécessité de remplacer l'azote et le phosphore épuisés. La figure 9.15 illustre la diminution des rendements de blé depuis les premières années jusqu'à la fin de la

FIGURE 9.15

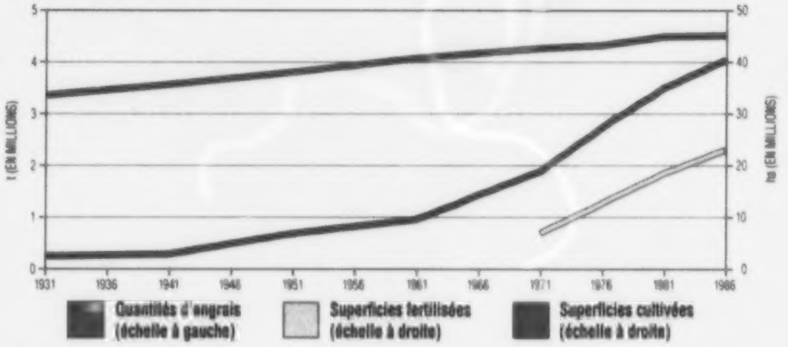
Tendance des rendements en blé dans les provinces des Prairies, 1905–1984



Source : Hedlin, 1986.

FIGURE 9.16

Quantités d'engrais utilisées par rapport aux superficies cultivées au Canada, 1931–1986



Source : Statistique Canada, 1986*a* et Recensement de l'agriculture, 1986.

Seconde Guerre mondiale. Depuis lors, les rendements ont augmenté de pair avec l'utilisation accrue des engrais et de nouvelles variétés de blé.

Depuis les années 1930, l'utilisation d'engrais commerciaux sur les terres cultivées a augmenté à la fois en quantité et en superficie au Canada. En 1930, on a appliqué environ 250 000 t d'engrais sur l'ensemble du territoire. En 1960, l'utilisation d'engrais avait presque atteint un million de tonnes et elle a encore quadruplé pour se situer à 4 millions de tonnes en 1985 (figure 9.16). Depuis cette date, elle est demeurée stable (tableau 9.4).

On a constaté une augmentation correspondante des superficies fertilisées. En 1985, des engrais étaient utilisés sur plus de 50 % des champs cultivés du Canada, comparativement à 16 % en 1970; cependant, les pratiques varient considérablement d'une région à l'autre (Statistique Canada, 1986*b*). Dans certaines régions (p. ex., le sud-ouest de l'Ontario et le sud du Québec et du Manitoba), le pourcentage des terres fertilisées dépasse maintenant 75 %, tandis que dans le sud-est de l'Alberta et le sud-ouest de la Saskatchewan, moins de 30 % des terres améliorées sont fertilisées.

Les statistiques sur l'utilisation des engrais sous-estiment la hausse des quantités d'éléments nutritifs appliquées aux cultures, car elles ne tiennent pas compte de l'accroissement constant de la teneur en éléments nutritifs des engrais (figure 9.17). Par exemple, l'azote, qui constituait environ 10 % du mélange fertilisant total en 1960, avait atteint environ 30 % en 1985. La proportion des composants potassium et phosphore a également augmenté.

La figure 9.18 illustre l'augmentation des éléments nutritifs utilisés dans les engrais de 1970 à 1986. Il faut augmenter les intrants pour renforcer la capacité des sols à produire des rendements supérieurs. Cependant, il convient de noter que, dans certaines régions comme le sud-ouest de l'Ontario, les épandages d'engrais étaient déjà élevées avant 1970 et ont relativement peu augmenté depuis. Les hausses les plus fortes, en pourcentage, ont eu lieu dans les Prairies, où la quantité d'engrais utilisée était relativement faible il y a 20 ans comparativement au reste du Canada. Ces hausses ont permis de compenser la diminution de la fertilité naturelle du sol et de produire des cultures à plus haut rendement.

Dans les sols autrefois boisés du centre et de l'est du Canada, la matière organique présente à l'origine dans le sol n'a jamais été une source aussi importante d'éléments nutritifs pour les cultures que dans les Prairies. La figure 9.19 illustre les augmentations spectaculaires de rendement des cultures de maïs en Ontario depuis les années 1920. Ces augmentations reflètent la mise au point de meilleures variétés et de meilleurs hybrides; elles ont été rendues possibles par des épandages accrus d'engrais à un niveau correspondant au potentiel de production de ces plantes. Des hausses similaires de la demande d'engrais ont également accompagné la mise au point de nouvelles variétés plus productives de beaucoup d'autres plantes cultivées.

Les variétés végétales améliorées augmentent la production, ce qui exige une plus grande absorption d'éléments

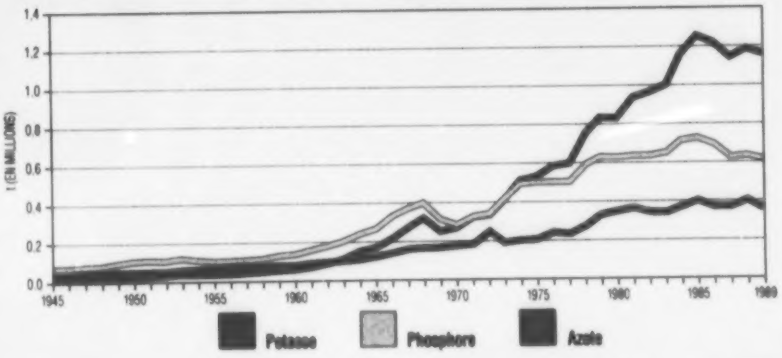
Absorption d'azote (N) et de phosphore (P) par les cultures dans l'ouest du Canada et son rapport avec les engrais utilisés

Année	Absorption par les cultures (en milliers de t)		Engrais utilisés (en milliers de t)	
	N	P	N	P
1883–1953 (moy.)	203	36	1	2
1954–1964 (moy.)	446	75	22	20
1965–1971 (moy.)	623	110	128	59
1972	637	111	126	64
1973	686	118	262	100
1974	545	93	308	133
1975	668	115	346	146
1976	800	136	363	131
1977	781	134	382	121
1978	831	142	530	156
1979	693	118	591	164
1980	733	125	590	169
1981	898	153	652	175
1982	982	166	682	171
1983	898	151	721	180
1984	696	134	854	204
1985	902	153	914	210
1986	1 133	192	896	202
1987	995	169	825	177

Source : Flaten et Hedlin, 1988.

nutritifs; comme davantage d'éléments nutritifs sont exportés du sol avec chaque récolte, il faut avoir recours à de plus grandes quantités d'engrais pour les remplacer. Le tableau 9.4 montre que l'enlèvement et l'exportation de l'azote des Prairies dans les productions végétales continuent à dépasser le rythme de remplacement de cet élément nutritif par les engrais. La minéralisation continue de l'azote provenant de la matière organique ainsi que la fixation d'azote par les légumineuses cultivées dans les rotations expliquent cette contradiction. Par ailleurs, le taux d'utilisation du phosphore est légèrement supérieur à celui de son exportation du sol. Cette situation reflète en partie la capacité des sols des Prairies d'immobiliser le phosphore des engrais et de

Teneur en éléments nutritifs des engrais vendus, 1945–1989



Source : Statistique Canada, Commerce des engrais, nº 47-207 au catalogue, 1945–1989, divers numéros, et Agriculture Canada, Direction générale du développement agricole.

FIGURE 9.14

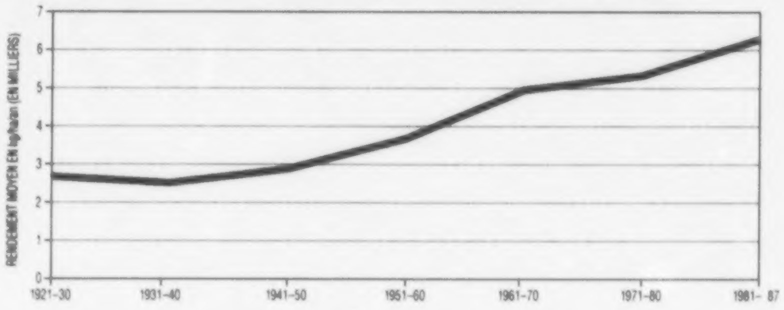
Variation en pourcentage des quantités d'éléments nutritifs utilisées sous forme d'engrais, par sous-bassin, 1970–1985

Remarque : L'information sur les éléments nutritifs pour 1970 provient de données sur les dépenses consacrées aux engrais.

Source : Statistique Canada, Division de l'environnement et des comptes du patrimoine, et Division de l'agriculture.

FIGURE 9.19

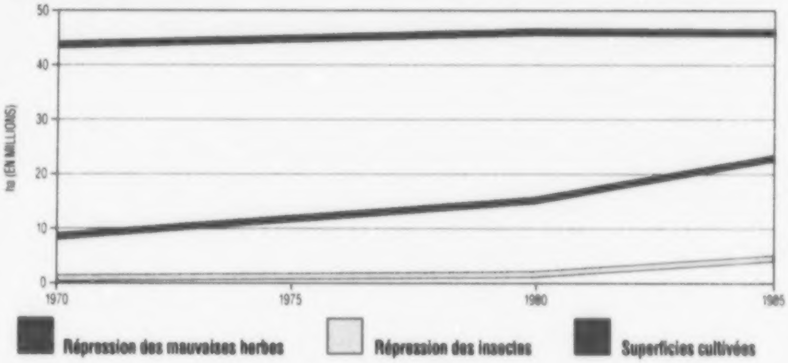
Rendements en maïs en Ontario, par décennie, 1921–1987



Source : Statistiques agricoles pour l'Ontario.

FIGURE 9.20

Superficies traitées contre les mauvaises herbes et les insectes, 1970, 1980 et 1985



Source : Statistique Canada, 1986*a* et Recensement de l'agriculture, 1986.

réduire sa disponibilité pour les racines des plantes. Elle peut également manifester un besoin de restaurer une partie du phosphore épuisé dans les sols qui n'avaient pas reçu auparavant des quantités suffisantes d'engrais.

Même si l'utilisation d'engrais est essentielle au maintien des rendements, la spirale ascendante des coûts exige néanmoins que l'on accorde plus d'attention à l'efficacité des épandages. Les fluctuations météorologiques, la période d'épandage des engrais, l'absence d'analyses préalables du sol et les caractéristiques inhérentes du sol sont tous des facteurs qui peuvent diminuer l'efficacité des épandages.

La prise en considération de ces facteurs et l'utilisation des meilleures techniques d'épandage disponibles permettront de réduire les coûts et les problèmes liés à l'environnement.

Lorsque les matières fertilisantes ne sont pas absorbées par les cultures, il peut s'ensuivre des problèmes environnementaux, notamment la contamination par les nitrates des eaux de surface et des eaux souterraines et le ruissellement du phosphore vers les eaux de surface. Les nitrates provenant de la minéralisation de la matière organique peuvent également provoquer la contamination de l'eau s'ils ne sont pas absorbés par une plante de couverture.

Une fois dans les sources d'approvisionnement en eau, l'azote peut être à l'origine de problèmes de santé pour les humains et les animaux. Lorsque l'azote présent dans l'eau potable (sous forme de nitrites et de nitrates) excède la concentration recommandée de 10 mg/L, il peut perturber le transport de l'oxygène dans l'organisme. Les enfants de moins d'un an, les bovins et les jeunes animaux sont les plus exposés. La plupart des cas isolés de pollution de l'eau par les nitrates au Canada ont été imputés à des puits de ferme au cuvelage défectueux et situés près d'emplacements de stockage du fumier. Néanmoins, il faut veiller en priorité à réduire les pertes d'azote des champs vers les eaux souterraines si l'on veut éviter l'apparition d'un problème plus grave.

Lorsque les engrais ne sont pas incorporés au sol, le phosphore tend à être emporté par les eaux de ruissellement, lié à des particules de sol ou dissous dans l'eau. Cette perte de phosphore atteint son maximum dans les champs situés à proximité de cours d'eau et dans les sols à texture fine. Le phosphore ne semble pas être toxique, même aux concentrations élevées que l'on trouve parfois dans les eaux libres. Cependant, une petite quantité de phosphore suffit à stimuler la croissance des algues et d'autres organismes aquatiques, facteur précurseur d'une série de problèmes associés à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

La majorité des engrais ajoutés au sol sont dérivés, directement ou indirectement, de ressources naturelles non renouvelables. Le phosphore et la potasse sont des ressources minières, et le gaz naturel est nécessaire à la production des engrais azotés. Ces ressources sont limitées et, en fait, tout le phosphate naturel utilisé à l'heure actuelle au Canada est importé. Il faut trouver de meilleures méthodes pour retourner à la terre les éléments nutritifs se trouvant dans les boues d'épuration, les eaux résiduaires et les autres déchets organiques. Malheureusement, un grand nombre de ces effluents sont contaminés par des produits chimiques ménagers et industriels et l'on peut se

demander si leur épandage sur les terres est acceptable du point de vue environnemental ou économique.

La lutte contre les ravageurs

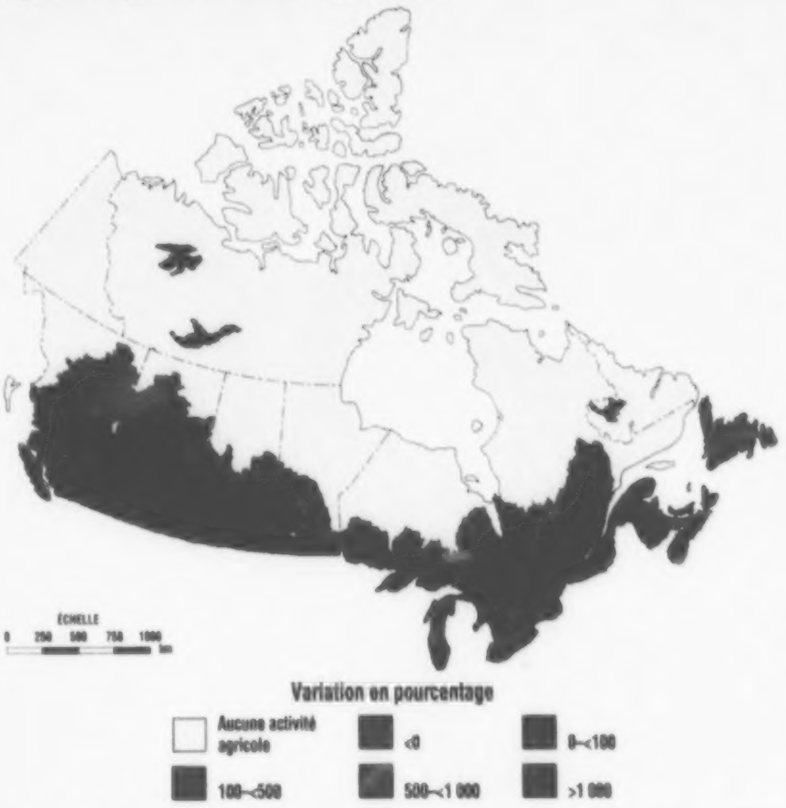
Les mauvaises herbes, les maladies et les insectes ravageurs sont depuis toujours la cause de pertes importantes de rendement partout au Canada. L'utilisation de pesticides pour lutter contre ces problèmes a engendré des avantages économiques sous la forme de rendements accrus et de produits de meilleure qualité. La dépendance à l'égard de l'emploi croissant de pesticides agricoles de synthèse pour atteindre ces objectifs a soulevé des inquiétudes (McEwen et Stephenson, 1979). L'utilisation de pesticides peut avoir des effets secondaires sur l'environnement — pollution, toxicité pour des espèces non cibles et contamination du sol — et ces coûts sont rarement pris en compte dans l'analyse des avantages économiques des pesticides.

Idéalement, la production de cultures possédant, de façon inhérente, une résistance génétique aux maladies et aux dommages causés par les insectes serait la meilleure façon de lutter contre les ravageurs et les maladies. Avec la mise au point de telles variétés, les coûts additionnels seraient éliminés et les répercussions sur l'environnement seraient minimales. Certains progrès ont été accomplis dans cette voie. Les céréales en sont un exemple : la résistance à la rouille a été introduite dans les variétés de blé de printemps. Malheureusement, de tels cas sont peu fréquents et les producteurs agricoles devront continuer à lutter contre les ravageurs avec des méthodes chimiques et biologiques pour maintenir la qualité et la productivité de leurs cultures.

La lutte chimique

L'utilisation de pesticides — terme qui désigne généralement les insecticides, les fongicides et les herbicides — a enregistré une hausse marquée au Canada au cours des dernières années. La répartition des principales variations dans l'utilisation des pesticides chimiques au Canada est présentée aux figures 9.20 et 9.21.

Variation en pourcentage des dépenses consacrées aux pesticides agricoles, par sous-bassin, 1970–1985



Remarque : Le calcul de la variation a été fait en dollars constants. Dans certains des sous-bassins ombrés, l'activité agricole est très réduite.

Source : Statistique Canada, Division de l'environnement et des comptes du patrimoine, et Division de l'agriculture.

En 1970, environ 8,6 millions d'hectares, soit 20 % de toutes les terres cultivées, ont été traitées avec des herbicides destinés à réprimer les mauvaises herbes et les broussailles (Statistique Canada, 1986*b*). En 1985, ce chiffre avait plus que doublé pour atteindre 22,9 millions d'hectares, soit environ 51 % de toutes les terres cultivées, le sud de l'Ontario et le sud du Manitoba ayant enregistré les pourcentages de traitement les plus élevés.

Bien que moins généralisé, l'épandage de pesticides pour lutter contre les insectes et les maladies s'est accru à un rythme encore plus rapide. En 1970, 2 % des terres cultivées ont été pulvérisées et, en 1985, il y en avait plus de 10 %, soit 4,6 millions d'hectares. En 1985, les concentrations les plus élevées de traitement aux insecticides ont été observées dans le sud de la Saskatchewan, sur l'île du Prince-Édouard, dans la vallée du cours supérieur de la rivière Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, et dans certaines régions du sud de l'Ontario et de l'Alberta. Les statistiques sur l'utilisation des pesticides en 1985 sont supérieures à la moyenne dans le sud des Prairies, en raison des mesures prises pour lutter contre une forte infestation d'acridiens pendant cette saison de croissance.

TABLEAU 9.5

Coût des pesticides selon le type de ferme, 1986[a]

Type de ferme	N^bre de fermes	Coût total (en millions de $)	Coût moyen par ferme ($)	Superficie totale (en milliers d'ha)	Coût par hectare ($)
Bovins laitiers	22 482	35,0	1 557	1 876	18,66
Bovins de boucherie	27 362	52,1	1 905	3 368	15,47
Porcs	7 718	28,7	3 716	865	33,18
Volailles	1 729	5,9	3 415	129	45,74
Blé	42 488	177,7	4 182	9 748	18,22
Petites céréales	51 802	277,8	5 363	10 711	25,94
Autres grandes cultures	4 572	36,9	8 076	454	81,28
Fruits	6 708	20,5	3 056	83	246,99
Légumes	3 558	17,2	4 854	134	128,36
Cultures spéciales	4 950	10,9	2 203	91	119,78
Polyélevage	4 121	17,7	4 307	833	21,25
Autres types	5 010	13,8	2 756	469	29,42
Fermes mixtes	9 131	31,6	3 456	1 301	24,29
Total (tous les types de fermes)	**191 631**	**725,8**	—	**30 071**	—
Moyenne (tous les types de fermes)	—	**55,8**	**3 757**	—	**62,20**

[a] Renseignements fondés sur les fermes dont 50 % ou plus des recettes agricoles proviennent de la vente d'un produit en particulier.

Source : Clutton, 1989.

L'utilisation de pesticides diffère selon les types d'exploitation agricole. Ce sont de loin les entreprises de production de fruits, de légumes et de cultures spéciales qui appliquent les pesticides le plus fréquemment (tableau 9.5). Par ailleurs, les producteurs de blé et de céréales appliquent des pesticides en concentrations relativement faibles, quoique sur des superficies beaucoup plus grandes.

Le niveau de danger écologique que comporte un pesticide dépend de plusieurs facteurs :

- sa fréquence d'utilisation;
- sa dose utilisée;
- sa rémanence sous une forme toxique dans l'environnement;
- sa mobilité ou sa rétention par les particules du sol, sa solubilité dans l'eau et sa volatilité dans l'air;
- sa concentration dans les organismes vivants (bioaccumulation);
- sa toxicité pour des espèces non cibles.

À partir de l'analyse de ces facteurs, on a interdit l'utilisation de certains pesticides au Canada et on les a remplacés par d'autres qui sont moins dangereux pour l'environnement. Les insecticides à base d'hydrocarbures chlorés, comme l'aldrine et la dieldrine, étaient non spécifiques et rémanents. Auparavant, on les utilisait couramment pour lutter contre les insectes à la maison et dans les milieux agricoles, forestiers et industriels, mais leur emploi a été interdit au Canada il y a quelques années. Plus récemment, l'alachlore, un herbicide pouvant avoir des effets nocifs sur la santé, a également été interdit au Canada. À l'heure actuelle, les pesticides doivent subir des épreuves rigoureuses avant que leur utilisation ne soit homologuée.

La présence de pesticides dans les eaux de surface ou souterraines et dans les sédiments est particulièrement inquiétante. L'atrazine, un herbicide couramment utilisé dans la culture du maïs, est souvent présent dans les eaux de surface du bassin hydrographique des Grands Lacs; l'aldicarbe, un insecticide employé contre les ravageurs de la pomme de terre, a été détecté dans les eaux souterraines de certaines régions de culture de la pomme de terre; le métolachlore, un herbicide utilisé dans la culture du maïs et du soja, est parfois transporté vers les cours d'eau, lié à des sédiments érodés. Grâce à des programmes de recherche et de surveillance, on tente de dépister ces produits ainsi qu'une vaste gamme d'autres pesticides et d'établir leur dégradation et leur migration dans les sols et les plantes. Il est probable que le gouvernement imposera d'autres restrictions quant à l'utilisation de tout pesticide pouvant avoir des effets dommageables sur l'environnement.

On continue de mettre au point et de tester de nouvelles catégories de pesticides exigeant des doses très faibles, comme les pyréthroïdes (insecticides de synthèse) et les herbicides à base de sulfonylurée (Schwinn, 1988). Leur efficacité à de faibles doses a apporté une nouvelle dimension (précision et exactitude) aux techniques modernes d'application des pesticides. La demande en vue d'une pulvérisation de précision, associée à la recherche sur la façon de diminuer les doses et sur les pertes attribuables à la dérive hors des superficies cibles, a débouché sur la mise au point de systèmes innovateurs d'épandage des pesticides.

La mise au point et l'utilisation de pesticides plus sélectifs, moins rémanents et moins mobiles constituent une tendance permanente importante. Ces pesticides présentent un potentiel faible ou nul d'incidences sur des espèces fauniques et floristiques ou des ressources hydriques non cibles. La *Loi* et le *Règlement sur les produits antiparasitaires*, appliqués par Agriculture Canada, garantissent la sécurité, la qualité et la valeur des pesticides au Canada. Le règlement attire plus précisément l'attention sur la santé humaine, la protection de l'environnement et les rendements des pesticides.

Des méthodes soigneusement vérifiées d'utilisation et de mise en décharge des pesticides permettront de diminuer la consommation de ces produits et de minimiser la contamination de l'air, du sol et de l'eau. Un projet pilote destiné à recueillir, à rincer, à déchiqueter et à écraser les contenants de pesticides vides et à les livrer à des recycleurs ou à des sites d'élimination autorisés a été entrepris conjointement par l'industrie des pesticides et les provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. Des projets semblables sont planifiés dans d'autres provinces. Des organismes fédéraux et provinciaux financent des travaux de recherche sur de nouvelles techniques d'épandage visant à maximiser le dépôt sur la cible, à réduire les quantités de pesticides utilisées et à éliminer la dérive. Par exemple, le programme « Production alimentaire 2002 » vise à réduire de moitié l'utilisation des pesticides en Ontario d'ici l'an 2002 (voir l'encadré 9.2).

ENCADRÉ 9.2

Production alimentaire 2002

Une réduction de 50 % de l'utilisation des pesticides agricoles d'ici 2002 : voilà l'objectif de Production alimentaire 2002, un programme d'envergure lancé en 1988 par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario.

La contamination de l'eau et des aliments a été une des principales préoccupations qui ont conduit à l'adoption de cet ambitieux programme. La résistance accrue des ravageurs à la gamme de poisons disponibles ainsi qu'un ralentissement de la mise au point de nouveaux pesticides contre les souches résistantes figuraient parmi les autres préoccupations.

Cette nouvelle initiative sera le prolongement des programmes de lutte intégrée contre les ravageurs et du Programme d'information sur les pesticides de l'Ontario, en vigueur dans la province depuis 1966. La stratégie allie l'emploi combiné des méthodes biologiques et des façons culturales qui minimisent la vulnérabilité des cultures aux dommages causés par les ravageurs et l'utilisation sélective de pesticides à « spectre étroit d'efficacité », qui tuent des espèces déterminées de ravageurs sans nuire aux organismes bénéfiques.

Pendant 15 ans, Production alimentaire 2002 favorisera la recherche visant à élaborer et à mettre en œuvre des méthodes de lutte non chimique contre les ravageurs; le programme offrira aux agriculteurs des services d'information à la ferme sur les nouvelles méthodes, et des spécialistes de la gestion des ravageurs se rendront sur le terrain pour aider les agriculteurs à implanter les nouvelles techniques. La biotechnologie sera un volet important du programme, son objectif étant la mise au point de variétés végétales résistantes aux ravageurs.

À l'heure actuelle, le ministère provincial prévoit que les agriculteurs pourront réduire leurs dépenses en produits chimiques de plus de 100 millions de dollars par année.

La lutte biologique

La lutte biologique suppose l'utilisation de prédateurs, de parasites et d'agents pathogènes (c.-à-d. des ennemis naturels) dans la répression des mauvaises herbes, des insectes et des maladies. Les méthodes traditionnelles de lutte biologique font appel à l'importation et au lâcher d'ennemis naturels introduits; on connaît plusieurs exemples de réussite dans ce domaine au Canada (Kelleher et Hulme, 1984).

L'utilisation d'insectes bénéfiques qui sont des parasites ou des prédateurs des espèces cibles est l'un des moyens de lutte biologique contre les organismes ravageurs. L'efficacité de cette lutte nécessite une compréhension exacte de l'écosystème dans lequel on introduit l'espèce choisie comme agent de répression. À l'heure actuelle, on a presque réussi à éliminer la centaurée, cette mauvaise herbe des pâturages et des parcours, grâce à l'utilisation d'insectes. La centaurée diffuse et la centaurée maculée (*Centaurea diffusa* et *C. maculosa*) sont des mauvaises herbes herbacées qui abondent dans les prairies arides. Ces plantes se rencontrent en Colombie-Britannique, où un plan de traitement aux herbicides coûte à la province environ un million de dollars par année. Ces deux mauvaises herbes se propagent vers l'est et pourraient devenir des espèces dominantes sur dix millions d'hectares dans l'ouest du Canada et sur une superficie beaucoup plus grande dans divers États situés au sud de la frontière. Les programmes canadiens de lutte biologique ont réduit la production de graines d'environ 90 %. Il semble que, sur les parcours de pâturin des prés, on peut maintenant réprimer la centaurée en restreignant le pâturage aux périodes de croissance des graminées. Les introductions actuelles d'insectes se nourrissant à même les racines et les introductions prévues d'autres insectes parasitant les tiges porte-graines faciliteront la répression de la centaurée et permettront d'élargir la lutte à d'autres associations végétales que l'on trouve dans les prairies.

On tente également, avec plus ou moins de réussite, de mener une lutte biologique contre les ravageurs à l'aide d'agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les nématodes. *Bacillus thuringiensis*, ou *B.t.*, est une bactérie que l'on trouve à l'état naturel et qui s'avère pathogène pour plusieurs groupes d'insectes. On l'utilise couramment en agriculture et en foresterie pour lutter contre des insectes comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Hadfield, 1988) et contre les papillons nocturnes et les papillons diurnes qui infestent les crucifères comme le chou, le brocoli et le chou de Bruxelles (Barrett et Witt, 1987).

Des progrès ont également été accomplis dans le domaine des herbicides biologiques. Le champignon indigène *Colletotrichum glœosporioides f.* sp. *malvae* (*C.g.m.*, en abrégé), homologué

en 1988 sous la marque de commerce BioMal, est utilisé à l'heure actuelle pour lutter contre la mauve à feuilles rondes (Mortensen, 1988).

Avec de bons critères de sélection, on peut choisir un agent de lutte biologique dont le spectre d'activité est très spécifique et qui n'attaque pas les plantes et les insectes non cibles. De plus, si l'on choisit les agents de lutte biologiques avec soin, ils laissent peu de résidus dans l'environnement après leur application et sont généralement moins dangereux que leurs homologues chimiques (Brown et collab., 1987).

L'utilisation d'agents de lutte biologiques peut être assortie de contraintes. Les ravageurs cibles peuvent développer une résistance ou une tolérance à l'agent de lutte. De plus, il est difficile de produire en grandes quantités certains agents, comme les virus (Jutsum, 1988). Un agent de lutte biologique non indigène, c'est-à-dire importé d'une autre région, peut engendrer de nouveaux problèmes, car il se peut que l'écosystème dans lequel il est introduit ne puisse pas contenir sa population. Bien que le recours à de tels agents biologiques soit généralement jugé préférable à l'emploi de produits chimiques, leur utilisation en toute sécurité suscite encore certaines inquiétudes. Ces inquiétudes pourraient bien s'intensifier avec l'utilisation d'organismes de lutte biologiques.

La lutte intégrée contre les ravageurs

La notion de « lutte intégrée contre les ravageurs » est devenue synonyme de méthodes de lutte alliant protection de l'environnement et pérennité de la production agricole. Dans le cadre de la lutte intégrée, on fait appel à des méthodes chimiques, biologiques, culturales et génétiques afin de maximiser l'efficacité et la rentabilité de la lutte contre les ravageurs, tout en minimisant les effets néfastes sur les organismes non cibles et l'environnement. Cependant, il faut exercer une surveillance systématique des populations de ravageurs si l'on veut obtenir des résultats optimaux (Vereijken, 1989).

Depuis le début, les insectes ravageurs des vergers ont été les principales cibles de la lutte intégrée au Canada et ont fait l'objet de travaux de pointe dans la vallée d'Annapolis, en Nouvelle-Écosse. Cependant, dès 1979, les programmes de lutte intégrée s'attaquaient aux insectes ravageurs des fourrages, des céréales, des oléagineux, des vergers, des légumes (y compris les pommes de terre), du tabac, des produits de serre, des animaux et des produits entreposés. Même si l'importance qui leur a été accordée a quelque peu varié, ces programmes sont toujours en place aujourd'hui. Offerts aux producteurs moyennant des frais à l'hectare, ils ont permis une diminution des insecticides utilisés allant jusqu'à 90 % dans les champs sous surveillance.

Au cours des 10 dernières années, on a fait des progrès dans de nombreux domaines de la lutte intégrée, y compris la mise au point de meilleures techniques de surveillance (p. ex., l'utilisation de phéromones[1] et de pièges) et l'amélioration des connaissances sur la résistance aux pesticides. La disponibilité de techniques et d'installations d'élevage de masse, de même que les préoccupations du public au sujet de l'utilisation des pesticides, ont incité les agriculteurs de la Colombie-Britannique, par exemple, à accepter la mise en œuvre d'un programme de lutte fondé sur le lâcher d'individus stériles de la carpocapse de la pomme; ce programme a été mis au point entre 1972 et 1978 à la Station de recherches de Summerland d'Agriculture Canada.

Bien que, dans certains cas, la lutte intégrée ait donné lieu à une diminution de l'emploi des pesticides, ces produits continuent d'être utilisés dans le cadre des programmes de lutte intégrée. La mise en œuvre de ces programmes ne s'est pas faite facilement pour diverses raisons (Stoner et collab., 1986; Wearing, 1988). Les agriculteurs résistent souvent aux changements à moins que les avantages économiques ne soient garantis. Une fois qu'ils ont investi dans l'achat de matériel de pulvérisation et de produits chimiques, les programmes classiques liés à l'utilisation des pesticides leur semblent très simples. Par comparaison, les programmes de lutte intégrée sont relativement complexes et demandent davantage de main-d'œuvre, un grand nombre d'employés qualifiés et une étroite collaboration entre les producteurs. En cas d'échec de ces programmes, les agriculteurs assument des pertes financières beaucoup plus élevées.

[1]Toute substance secrétée par un animal qui influe sur le comportement d'autres individus de la même espèce.

La biotechnologie

Grâce aux modifications génétiques, aux cultures de tissus, à la manipulation des embryons et à une vaste gamme d'autres méthodes, la biotechnologie nous permet d'entrevoir la possibilité de modifier les composantes génétiques des plantes cultivées beaucoup plus rapidement que par des techniques classiques de sélection végétale. Pour cette raison, la biotechnologie recèle des possibilités intéressantes d'amélioration dans le domaine de la gestion des cultures. L'accroissement de la résistance des plantes aux ravageurs est un domaine où la biotechnologie peut être utile (Martens, 1987). On a déjà élaboré plusieurs stratégies permettant d'introduire des gènes dans les plantes afin de leur conférer une meilleure résistance. L'introduction de gènes dans une plante pour qu'elle produise la toxine insecticide de *B.t.* en est un exemple (Fischoff et collab., 1987).

La fabrication, à l'échelle commerciale, de bactéries fixatrices d'azote du genre *Rhizobium* est un exemple de la façon dont on peut utiliser des organismes vivants pour diminuer le recours aux produits chimiques (les engrais azotés, dans le cas présent). Cependant, comme les souches de *Rhizobium* ne sont pas toutes aussi efficaces pour fixer l'azote et pour livrer concurrence aux autres micro-organismes du sol (Rennie et Dubetz, 1986), il faudra effectuer beaucoup de recherches afin de tirer avantage au maximum de ces organismes.

Un autre groupe d'organismes du sol qui aident les plantes à assimiler les éléments nutritifs sont ceux qui rendent plus solubles les éléments nutritifs phosphatés. Ce groupe diversifié

comprend les bactéries, dont les actinomycètes, et les champignons. La biotechnologie pourrait nous permettre de transférer la capacité génétique de dissolution des éléments nutritifs que possèdent ces micro-organismes aux racines des plantes elles-mêmes, leur permettant ainsi d'utiliser de façon plus efficace les réserves avoisinantes d'éléments nutritifs (Kucey et collab., 1989).

La biotechnologie permet également aux phytogénéticiens de mettre au point de nouvelles variétés de plantes possédant des caractéristiques souhaitables. Par exemple, on peut obtenir des plantes fourragères de qualité qui seront cultivées sur des terres marginales, ce qui permettra de retirer ces terres de la production de céréales et de cultures en ligne.

La biotechnologie recèle également la promesse d'avantages dans le domaine de l'amélioration génétique des animaux. On pourrait, par exemple, produire des animaux plus résistants aux maladies et au stress. Une autre possibilité consiste à modifier les micro-organismes du rumen et de l'intestin chez les bovins afin d'accroître l'efficacité de la conversion des aliments. Cette amélioration aurait pour conséquence directe de diminuer la production de méthane (un gaz à effet de serre).

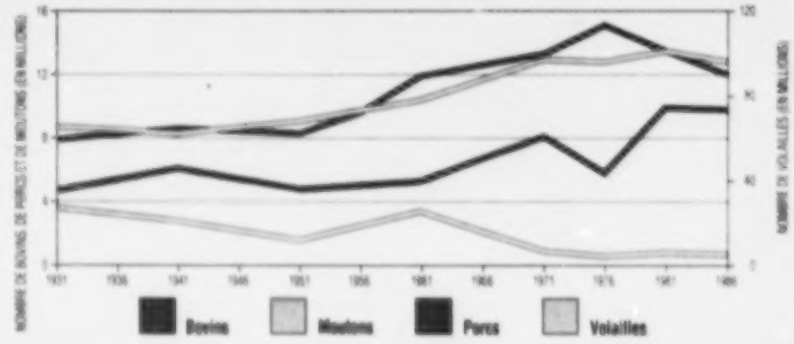
Les productions animales

Les méthodes modernes et intensives d'élevage peuvent avoir des répercussions sur la qualité de l'environnement de diverses façons, qu'il s'agisse de la dégradation de la qualité de l'air local soumis à des odeurs désagréables ou de problèmes plus graves de pollution des eaux de surface et souterraines par suite d'une élimination inadéquate du fumier.

L'évolution des populations animales au Canada, de 1931 à 1986, est illustrée à la figure 9.22. Le nombre de bovins a atteint un point culminant au milieu des années 1970 et a diminué de 20 % depuis. Par ailleurs, le nombre de porcs

FIGURE 9.22

Tendances du nombre d'animaux d'élevage au Canada, 1931–1986



Source : Statistique Canada, 1986a et Recensement de l'agriculture, 1986.

a augmenté d'environ 70 % au cours de la même période. Le nombre de volailles est d'environ 100 millions depuis les années 1960. Tout comme les populations animales, les méthodes de production ont changé. La claustration totale des bovins laitiers, des porcs et des volailles est maintenant pratique courante.

La hausse du nombre de porcs et de volailles, dont l'élevage est pratiqué de façon intensive, s'est accompagnée de problèmes environnementaux. Lorsque le stockage et l'élimination du fumier sont inadéquats, cela peut occasionner une contamination de l'eau par les nitrates et une pollution de l'air par suite de la volatilisation de l'ammoniac et du méthane. En outre, la productivité des sols peut être affaiblie par une accumulation excessive d'éléments nutritifs. Lorsque l'agriculteur a peu de terres à sa disposition, l'élimination du fumier peut devenir un problème.

L'élevage des bovins et des moutons est souvent moins intensif, à l'exception de l'engraissement en parquet des bovins de boucherie. De façon générale, ces élevages ont une incidence moins préjudiciable sur l'environnement, sauf dans le cas des entreprises d'engraissement en parquet où la manipulation du fumier peut présenter des problèmes semblables à ceux que connaissent les éleveurs de porcs ou de volailles.

La gestion du fumier

Les déjections animales constituent l'une des principales sources non ponctuelles de pollution par les éléments nutritifs au Canada, un problème auquel on n'a pas encore trouvé de solution écologique appropriée. La concentration d'un grand nombre d'animaux sur une petite superficie pose un défi sur le plan de la gestion des déchets, qu'il s'agisse d'éliminer le fumier ou d'en faire une utilisation économique. La quantité de fumier produite est énorme. Pour chaque kilogramme de viande comestible commercialisé en bout de ligne, les bovins produisent 40 kg ou plus de fumier et les porcs, 15 kg (N.K. Patni, Agriculture Canada, communication personnelle). Au total, les animaux de ferme produisent environ 322 millions de litres de fumier chaque jour au Canada, 85 % de ce volume étant attribuable aux bovins. Bien que le volume de fumier produit par les volailles et les porcs soit comparativement peu important, son impact relatif sur l'environnement peut être plus grand, car les porcs et les volailles sont habituellement élevés en claustration, sur de petites superficies.

Environ 75 % ou plus de l'azote, du phosphore et du potassium que l'on trouve dans les aliments du bétail est excrété par les animaux. La valeur fertilisante équivalente de ces seuls

éléments nutritifs s'élève à environ 900 millions de dollars, soit approximativement 5 % des recettes agricoles annuelles en espèces tirées des produits animaux. Les déchets animaux ne sont pas tous recyclés efficacement sur les terres à des fins de production végétale.

On connaît bien le rôle des déchets animaux dans l'amélioration à long terme de la productivité du sol. Malheureusement, les pratiques de gestion des déchets animaux qui serait avantageuses pour l'environnement ont tendance à être peu attrayantes sur le plan économique à court terme.

La gestion des déchets

Inévitablement, l'élevage et la culture produisent également des déchets. De façon générale, les résidus de culture représentent moins un problème potentiel pour l'environnement que le fumier. Par exemple, la paille peut être réutilisée comme litière et comme aliment pour les animaux. Néanmoins, on se débarrasse souvent de la paille de lin en la brûlant, mais on s'efforce maintenant de trouver de nouveaux débouchés commerciaux pour ce produit de rebut à haute teneur en fibres.

L'agriculture produit indirectement des déchets solides, tels les emballages utilisés pour les engrais et les pesticides. Les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent également être contaminées par l'eau utilisée pour nettoyer les bâtiments et le matériel des fermes.

L'industrie de la transformation alimentaire produit de grandes quantités de déchets organiques ainsi que des eaux résiduaires provenant du nettoyage et du rinçage du matériel. Si l'élimination des déchets solides et des eaux résiduaires est inadéquate, il peut en résulter une contamination de l'eau et des problèmes de santé. De plus, la qualité de l'air à proximité des usines de transformation soulève des préoccupations.

Les emballages posent un autre problème environnemental au secteur agro-alimentaire (voir le chapitre 25). Presque tous les produits alimentaires se vendent dans des emballages jetables. Les emballages pour aliments représentent environ un tiers de tous les matériaux d'emballage qui, eux-mêmes, constituent un pourcentage élevé des déchets solides que l'on trouve dans les décharges municipales (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990). Les dangers que représentent ces décharges pour la qualité des eaux de surface, des eaux souterraines et de l'air sont devenus un sujet de préoccupation de plus en plus important. L'utilisation de matériaux d'emballage inutiles, qui ont souvent une très courte durée de vie entre le moment où ils sont utilisés et celui où ils sont jetés, contribue également à l'épuisement des ressources naturelles, renouvelables et non renouvelables, nécessaires à leur production.

LES PERSPECTIVES

Au milieu des années 1980, on a reconnu que le secteur agro-alimentaire canadien se devait de relever d'importants défis si l'on voulait conserver les sols et les ressources hydriques du pays. Ces défis sont tout aussi impératifs dans les années 1990, car les Canadiens exigent que l'on protège la qualité de l'environnement pour les générations futures. Les agriculteurs, les entreprises agro-alimentaires et les gouvernements tentent de relever ces défis par une action concertée afin d'assurer la durabilité de l'agriculture. Le Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture propose la définition suivante :

> « … un système agro-alimentaire durable est économiquement rentable et fournit à la société les aliments sains et nutritifs dont elle a besoin tout en favorisant la conservation et la valorisation des ressources naturelles canadiennes ainsi que la protection de l'environnement pour le bénéfice des générations futures. »
>
> (Agriculture Canada, 1990)

Divers projets particuliers témoignent de l'orientation future de l'agriculture au Canada. Par exemple, si l'on veut appliquer les principes de l'agriculture durable à la gestion des sols, il faudra peut-être réduire le travail du sol et les mises en jachère, augmenter la rotation des cultures, conserver les résidus de culture ou entretenir les plantations brise-vent ou les milieux humides. Pour que ces changements soient apportés efficacement, des efforts seront nécessaires en matière de recherche, d'information sur l'environnement, de transfert technologique et de formation dans les exploitations agricoles. Il faudra surveiller de près l'utilisation des terres, et les travaux futurs de planification et de gestion en agriculture devront s'inspirer d'une optique écologique.

Si la collaboration accrue que supposent ces projets peut être maintenue, les conséquences pour l'environnement devraient être positives. La réaffirmation d'un grand nombre de ces mesures dans le Plan vert du Canada témoigne de l'importance des défis qui nous attendent. Pour que l'agriculture durable devienne une réalité, les agriculteurs doivent pouvoir choisir des solutions qui ne menacent pas la viabilité économique de leurs fermes et qui, en même temps, les encouragent à devenir d'aussi bons gestionnaires de l'environnement qu'ils le sont de leur production agricole. Toutefois, la responsabilité n'incombe pas seulement aux agriculteurs mais doit également être partagée avec les responsables du négoce agricole, les consommateurs et les gouvernements. Il est essentiel que ces partenaires interdépendants adoptent une vision commune si l'on veut assurer la pérennité de l'agriculture et des ressources environnementales dont elle dépend.

OUVRAGES CITÉS

Agriculture Canada. 1985. *Les terres agricoles et les ressources hydrauliques au Canada : situation et perspectives.* Ottawa.

Agriculture Canada. 1989. *Guide de données statistiques 1988.* Direction générale des politiques. Ottawa.

Agriculture Canada. 1990. *Partenaires dans la croissance : Rapport aux ministres de l'Agriculture.* Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture. Ottawa.

Barrett, M., et W.W. Witt. 1987. « Alternative pest management practices. » Pages 197–231 dans : B.A. Stout (réd.). *Energy in world agriculture. Volume 2*. Elsevier, New York.

Battison, O.A., R.A. McBride, M.A. Miller et M.J. Brkbacich. 1984. *Soil erosion-productivity research in eastern Ontario*. Document inédit présenté lors de la réunion annuelle de l'American Society of Agricultural Engineers. Nouvelle-Orléans, Louisiane.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa.

Bootsma, A., W.J. Blackburn, R.G. Stewart, R.W. Muma et J. Dumanski. 1984. *Effets possibles des variations climatiques sur les rendements estimés au Canada*. Bulletin technique n° 1984–9F. Agriculture Canada, Ottawa.

Brown, C.M., I. Campbell et F.G. Priest (réd.). 1987. *Introduction to biotechnology. Basic microbiology series, Vol. 10*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Royaume-Uni.

Burnett, J.A., T.C. Dauphiné Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : Les espèces menacées de disparition au Canada*. Éditions Broquet, LaPrairie, en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Caswell, F.D. 1990. *Prairie waterfowl status report: a briefing document*. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Winnipeg.

Chow, T.L., et J.L. Daigle. 1986. « Runoff erosion study. » Pages 97–103 dans : *Proceedings: economics of soil conservation seminar, April 30 – May 1, 1986*. Ministère de l'Agriculture du Nouveau-Brunswick, Fredericton.

Clarke, H.A., C.D.A. Rubec, M.R. McKechnie et J.D. McCuaig. 1989. « Wetland conservation leadership in Canada. » Pages 743–750 dans : Marchand, M., et H.A. Udo de Haes (réd.). *The people's role in wetland management*. Compte rendu d'une conférence internationale sur les milieux humides, Leiden, Pays-Bas.

Clutton, E.H. 1989. *Pest Control in Canada: a reference manual*. Burlington, Ontario.

Coleman, D., et P. Roberts. 1987. *Cropping, tillage and land management practices in southwestern Ontario 1986*. Guelph, Ontario : Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Programme d'amélioration des milieux terrestre et aquatique. Centre d'agriculture de Guelph.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Packaging application in Canada*. Rapport définitif présenté au Groupe de travail national sur l'emballage. Rédigé par MacLaren Engineers et Lavalin. Direction générale de la gestion des déchets, Environnement Canada, Ottawa.

Crompton, C.W., J. McNeill, A.E. Stahevitch et W.A. Wojtas. 1988. *Preliminary inventory of Canadian weeds*. Bulletin technique n° 1988–9E. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa.

Danks, H.V. 1979. « Summary of the diversity of Canadian terrestrial arthropods. » Dans : Danks, H.V. (réd.). *Canada and its insect fauna*. Mémoires de la Société entomologique du Canada.

Dumanski, J., D.R. Coote, G. Luciuk et C. Lok. 1986. « Soil conservation in Canada. » *Journal of Soil and Water Conservation*, 41 : 204–210.

Environnement Canada. 1976. *Possibilité des terres pour la culture : rapport préliminaire*. Rapport n° 10 de l'Inventaire des terres du Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver*. Feuillet d'information n° 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Fischoff, D.A., K.S. Bowdish, F.J. Perlak, P.G. Marrone, S.M. McCormick, J.G. Neidermeyer, D.A. Dean, K. Kusano-Kretzmer, E.J. Mayer, D.E. Rochester, S.G. Rogers et R.T. Fraley. 1987. « Insect tolerant transgenic tomato plants. » *Bio/technology*, 5 : 807–813.

Flaten, D.N., et R.A. Hedlin. 1988. *Impact of technology on crop productivity in western Canada*. Compte rendu de la 34ᵉ réunion annuelle de la Société canadienne de la science du sol, Calgary.

Fox, M.G., et D.R. Coote. 1986. *Évaluation économique préliminaire de la dégradation des terres agricoles dans les provinces de l'Atlantique, le Canada central et le sud de la Colombie-Britannique*. Direction générale du développement régional, Direction des politiques de développement, Agriculture Canada, Ottawa.

Girt, J. 1990. *Common ground. Recommendations for policy reform to integrate wildlife habitat, environmental and agricultural objectives on the farm*. Habitat faunique Canada, Ottawa.

Gouvernement du Canada, 1990. *Le Plan vert du Canada*. Disponible auprès d'Environnement Canada.

Gray, J.H. 1967. *Men against the desert*. Western Producer Prairie Books, Saskatoon.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Premier rapport d'évaluation de l'IPCC*. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Haber, E. 1986. « Rare and endangered plants of Canada: Report of the plants subcommittee. » Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. *Canadian Field-Naturalist*, 100 : 400–403.

Hadfield, J.S. 1988. « Integrated pest management of a western spruce budworm outbreak in the Pacific Northwest. » *The Northwest Environmental Journal*, 4 : 301–312.

Hampicke, U. 1978. « Agriculture and conservation: ecological and social aspects. » *Agriculture and Environment*, 4 : 25–42.

Hedlin, R.A. 1986. « An additional perspective. » *Revue canadienne d'économie rurale*, 33 : 30–40.

Himelman, D., et N. Stewart. 1979. « Soil erosion studies in Prince Edward Island. » Pages 137–143 dans : *Proceedings Soil erosion workshop*. Nova Scotia Agricultural College, Truro, 17–19 avril.

Jutsum, A.R. 1988. *Commercial application of biological control: status and prospects*. Royal Society (London) Philosophical Transactions B-318 : 357–373.

Kelleher, J.S., et M.A. Hulme. 1984. *Biological control programmes against insects and weeds in Canada, 1969–1980*. Commonwealth Agricultural Bureaux.

Kucey, R.M.N., H.H. Janzen et M.E. Leggett. 1989. « Microbially mediated increases in plant available phosphorus. » *Advances in Agronomy*, 42 : 199–228.

Manabe, S., et R.T. Wetherald. 1986. « Reduction in summer soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. » *Science*, 232(4750) : 626–628.

Martens, J.W. 1987. « The breeding for resistance component of cost-effective Integrated Pest Management. » Pages 76–78 dans : *Lutte biologique au Canada : rapport basé sur la réunion de travail sur la lutte biologique*. Réunion tenue à Winnipeg les 9 et 10 octobre 1986. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa.

McEwen, F.L., et G.R. Stephenson. 1979. *The use and significance of pesticides in the environment*. John Wiley and Sons, Toronto.

McGill, W.B., C.A. Campbell, J.F. Dormaar, E.A. Paul et D.W. Anderson. 1981. « Soil organic losses. » Pages 72–133 dans : *Agricultural land: our disappearing heritage. Proceedings of the 18th annual Alberta soil science workshop, featuring a symposium on land degradation, 24–25 February*. Ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Edmonton.

Mortensen, K. 1988. « The potential of an endemic fungus, *Colletotrichum glæsporoides*, for biological control of round-leaved mallow (*Malva pusilla*) and velvet leaf (*Abutilon theophrasti*). » *Weed Science*. 473–478.

Olsen, G.M. 1988. « Conservation tillage — challenges and limitations to adoption — equipment. » *Canadian Society Soil Science Proceedings*, 34 : 186–192.

Rennie, R.J., et S. Dubetz. 1986. « Nitrogen-15 determined nitrogen fixation in field-grown chickpeas, lentil, favabean, and field pea. » *Agronomy Journal*, 78 : 654–660.

Ringuet. 1937. *Trente arpents*. Éd. Flammarion, Montréal, pour l'édition de 1991.

Rowe, J.S., et R.T. Coupland. 1984. « Vegetation of the Canadian Plains. » Pages dans : *Man: user and modifier of Canadian plant resources*. Prairie Forum 9, N° 2, Regina : Université de Regina, Canadian Plains Research Center.

Schwinn, F.J. 1988. « Importance, possibilities and limitations of chemical control now and in future — an industry view. » *Ecological Bulletins*, 39 : 82–88.

Scoggan, H.J. 1978–1979. *The flora of Canada*. Parties 1–4. Musées nationaux du Canada, Ottawa.

Shady, A.M. (réd.). 1989. *Irrigation, drainage and flood control in Canada*. Agence canadienne de développement international, Hull, Québec.

Snell, E.A. 1987. *Répartition et conversion des milieux humides dans le sud de l'Ontario*. Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada, document de travail n° 48. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Sprout, P.N. 1984. *Soil degradation in British Columbia*. Rapport manuscrit. Conseil des sciences du Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1986*a*. *Activité humaine et l'environnement. Un compendium de statistiques*. Ottawa.

Statistique Canada. 1986*b*. *Un profil de l'agriculture canadienne*. Ottawa.

Stewart, R.B. 1986. « Climate change: implications for the prairies. » *Mémoires de la Société royale du Canada*, (série 1) 1 : 67–96.

Stoner, K.A., A.J. Sawyer et A.M. Shelton. 1986. « Constraints to the implementation of IPM programs in the U.S.A.: a course outline. » *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 17 : 253–268.

Switzer-Howse, K.D., et D.R. Coote. 1984. *Agriculture et conservation de l'environnement*. Contribution IRT n° 83–56. Agriculture Canada, Ottawa.

U.S. Fish and Wildlife Service et Service canadien de la faune. 1986. *Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine : stratégie de collaboration*. U.S. Department of the Interior, Washington; Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Van Vliet, L.J.P., A.M.F. Hennig, K.M. Carroll et M.D. Novak. 1983. « Measuring soil erosion losses in the Peace River region. » Pages 249–257 dans : *Proceedings of the second annual western provincial conference on nationalization of water and soil research and management, 1983*. Saskatchewan Institute of Pedology.

Vereijken, P. 1989. « From integrated control to integrated farming, an experimental approach. » *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 26 : 37–43.

Warren, C.L., A. Kerr et A.M. Turner. 1989. *Urbanisation des terres rurales au Canada, 1981–1986*. Feuillet d'information n° 89–1 sur l'état de l'environnement. Environnement Canada, Ottawa.

Wearing, C.H. 1988. « Evaluating the IPM implementation process. » *Annual Review of Entomology*, 33 : 17–38.

Williams, G.D.V., H.K. Jones, E.G. Wheaton, R.B. Stewart et R.A. Fautley. 1988. « Estimating effects of climatic change on agriculture in Saskatchewan, Canada. » Pages 221–379 dans : Perry, M.L., T.R. Carter et N.T. Konyn (réd.). *The impact of climatic variations on agriculture. Vol. 1. Assessment in cool temperate and cold regions*. Kluyer Academic Publishers, Doordrecht, Pays-Bas.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Agriculture Canada. 1989. *Partenaires dans la croissance : une vision de l'industrie agro-alimentaire canadienne*. Publication n° 5269/F. Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa.

Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture. 1990. *Partenaires dans la croissance. Rapport aux ministres de l'Agriculture*.

Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. 1984. *Nos sols dégradés, le Canada compromet son avenir*. Sénat du Canada, Ottawa.

Conseil des sciences du Canada. Sous presse. *Sustainable Agriculture: some policy concerns*. Ottawa. (Disponible au printemps 1992)

Fairbairn, G.L. 1984. *Will the bounty end? The uncertain future of Canada's food supply*. Western Producer Prairie Books, Saskatoon.

Jackson, W. 1987. *Altars of unhewn stone*. Science and the Earth. North Point Press, San Francisco.

Kneen, B. 1989. *From land to mouth. Understanding the food system*. NC Press, Toronto.

Reganold, J.P., R.I. Papendick et J.F. Parr. 1986. Sustainable Agriculture, *Scientific American*, 262(6) : 112–121.

Wilson, B. 1989. *Farming the system*. Western Producer Prairie Books, Saskatoon.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre est le fruit des efforts collectifs du personnel d'Agriculture Canada, sous la coordination de Laure Benzing-Purdie. Ses principaux auteurs, qui ont travaillé en collaboration avec L. Benzing-Purdie, sont G. Andrews et D.R. Coote (Ottawa) et R. Grover (Regina).

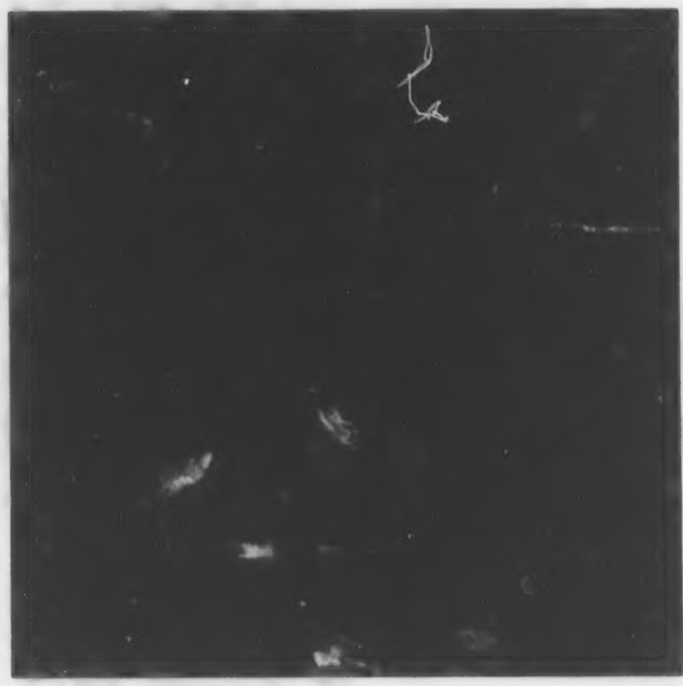
L'élaboration de ce chapitre aurait été impossible sans les contributions de divers autres membres du personnel d'Agriculture Canada. Nous tenons à remercier particulièrement C. Campbell (Swift Current), P. Fehr et P. Harris (Regina), J. Dyer, R. Kucey, P. Marriage, J. Martens, B. McRae, R. Pandeya, N. Patni, E. Small, R. Stewart, C. Wang, K. Wilde et K. Winter (Ottawa) ainsi que V. Morley (London).

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : H.F. MacRae, Canadian Agriculture Research Council, Nova Scotia Agricultural College (Truro, Nouvelle-Écosse), et E.G. Beauchamp, Ontario Agriculture College, Université de Guelph (Guelph, Ontario).

Christian Pupp, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination initiale du chapitre, et Tony Turner, Rapport sur l'état de l'environnement, s'est acquitté de cette tâche pour les versions ultérieures jusqu'à la publication.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett, avec la collaboration de Susan Burns.

10



GRACIEUSETÉ DE H. HIRVONEN OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Le secteur des forêts est crucial pour l'économie du Canada, sa contribution au produit intérieur brut s'étant élevée à 20milliards de dollars en 1989. Les forêts fournissent des habitats à la faune, contribuent à la conservation de l'eau et du sol, tempèrent le climat et purifient l'air.

■

Au Canada, la superficie des terrains forestiers productifs d'intérêt commercial récoltée chaque année est passée d'environ 700 000 ha au milieu des années 1970 à plus de 1million d'hectares en 1988. Malgré que les activités de préparation de terrain, de plantation d'arbres et de soins culturaux aient augmenté parallèlement aux activités d'exploitation, les superficies récoltées chaque année sont supérieures à celles qui se régénèrent en forêt productive d'intérêt commercial.

■

Dans près de 90% des cas, c'est la coupe à blanc qui est utilisée pour récolter les arbres. Cette pratique s'est avérée efficace dans la récolte et la régénération des forêts équiennes; certaines personnes sont toutefois d'avis qu'elle dégrade les habitats fauniques, favorise l'érosion, détruit des valeurs culturelles, est inesthétique et s'avère moins économique à long terme que la coupe d'écrémage.

■

Deux pour cent de tous les pesticides utilisés au Canada le sont en forêt. L'industrie forestière a maintenant recours au *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*), un agent de lutte biologique inoffensif pour la plupart des espèces non-cibles, dans 60% des cas d'épandage contre les infestations d'insectes.

■

Les usines de pâtes et papiers ont pu réduire les concentrations de certains polluants présents dans leurs effluents tout en restant productives. Par exemple, les rejets quotidiens de matières solides en suspension sont passés de 4 500 t en 1960 à 600 t en 1988; pendant cette même période, les usines ont doublé leur production de pâte de bois.

■

Les composés organochlorés (dioxines et furanes) rejetés dans les effluents des usines de pâte kraft blanchie au chlore feront bientôt l'objet de mesures strictes avec la mise en application des règlements révisés sur les eaux usées.

■

En 1990, un nouveau ministère fédéral des Forêts a été créé dans le but de «promouvoir le développement durable et la compétitivité du secteur canadien des forêts pour le mieux-être des Canadiens d'aujourd'hui et des générations à venir». Les ministres fédéral et provinciaux des Forêts parrainent une nouvelle stratégie nationale pour le secteur forestier canadien, qui devrait être prête en 1992. En se fondant sur l'apport du public, elle orientera les activités en vue du développement durable des forêts du Canada.

■

TABLE DES MATIÈRES

Historique 10-4

La dépendance des Canadiens à l'égard des forêts 10-6
Les revenus engendrés par les produits forestiers 10-6
Les emplois et les activités de subsistance 10-6
Les loisirs 10-7
L'information scientifique 10-7
Les habitats de la faune 10-7
La conservation de l'eau et du sol 10-7
L'influence des forêts sur le climat et la purification de l'air 10-7
La biodiversité 10-7

L'évolution de la forêt 10-8
Le cycle du feu et la lutte contre les incendies 10-9
Les insectes et les maladies des arbres 10-9
La pollution atmosphérique 10-10
L'effet de serre 10-10
Les changements d'utilisation des terres 10-11
Les réserves forestières 10-11
L'exploitation forestière 10-12
Les volumes et les superficies récoltés 10-12
La coupe à blanc : une pratique courante mais controversée 10-13
L'exploitation par arbres entiers et l'équilibre nutritif 10-14
Les impacts de l'exploitation forestière sur la faune 10-14
L'érosion 10-15
Les vieilles forêts 10-15
Le renouvellement des forêts 10-16
Les activités de renouvellement 10-16
La préparation du terrain 10-17
Les plantations 10-18
Les soins culturaux et les produits chimiques 10-18
Le désherbage chimique 10-18
Les insecticides chimiques et les agents de lutte biologiques 10-19
La lutte intégrée contre les ravageurs 10-20

La pollution de l'eau et de l'air causée par la transformation du bois 10-20
La pollution de l'eau 10-20
La pollution atmosphérique 10-22

La pérennité des forêts 10-23

Ouvrages cités 10-24

Pour de plus amples renseignements 10-26

Remerciements 10-26

Liste des encadrés

10.1 Les érablières de l'est du Canada . . . 10-11
10.2 Le peuple Haida et les forêts anciennes de l'île Moresby, en Colombie-Britannique . . . 10-15
10.3 Les audiences publiques au Québec . . . 10-20
10.4 L'utilisation de chlorophénates dans les scieries et sur les sites d'entreposage du bois en Colombie-Britannique . . . 10-22
10.5 Le recyclage du papier . . . 10-24

Liste des figures

10.1 Les huit régions forestières du Canada . . . 10-5
10.2 Les forêts, grâce à l'énergie solaire, purifient l'air et l'eau, conservent l'eau et régularisent le climat . . . 10-8
10.3 Tenures forestières accordées à des entreprises privées et tenures à l'étude . . . 10-13
10.4 Fonctions écologiques d'un tronc d'arbre mort en décomposition, forêt côtière de la Colombie-Britannique . . . 10-16
10.5 Superficie récoltée et superficie en voie de régénération, 1977–1988 . . . 10-17
10.6 Soins culturaux, 1977–1988 . . . 10-18
10.7 Effluents des usines de pâtes et papiers, 1970–1989 . . . 10-21
10.8 Dépenses en vertu des ententes en matière de foresterie, 1979–1988 . . . 10-23
10.E1 Le recyclage du papier, 1978–1988 . . . 10-24

Liste des tableaux

10.1 Superficie et volume de fibre ligneuse des terrains forestiers inventoriés, boisés, productifs et non réservés, par « classe de maturité », 1986 . . . 10-6
10.2 Pertes causées par les incendies et les ravageurs . . . 10-10
10.3 Possibilité annuelle de coupe et récolte, 1970–1989 . . . 10-12
10.4 Préparation du terrain, plantation, semis et soins culturaux, 1984–1986 à 1988 . . . 10-17
10.5 Superficie des forêts traitées annuellement à l'aide de pesticides, 1975–1976 à 1985–1986 . . . 10-19
10.E1 Nombre d'usines utilisant des produits chimiques anticoloration en Colombie-Britannique . . . 10-23

> **« ... nos forêts doivent être biologiquement durables avant de pouvoir nous procurer un rendement économique soutenu, que ce soit sur le plan de la fibre ligneuse, de l'eau, de la fertilité du sol ou de la faune. »**
>
> **Maser, 1990a**

HISTORIQUE

Les forêts canadiennes abritent certains des principaux écosystèmes forestiers du monde. Les activités humaines, y compris la récolte et la transformation du bois, les utilisations récréatives et la conversion des forêts à d'autres fins, ont des répercussions sur les forêts. La pollution causée par les activités humaines se répercute également sur la biocénose forestière, même dans des endroits éloignés. Les Canadiens veulent comprendre les effets des activités humaines sur l'étendue et la nature des forêts du Canada et doivent prendre conscience de l'influence de la gestion des forêts du Canada sur leur propre environnement et sur celui de la planète[1].

Le Canada a été qualifié à juste titre de « pays de forêts » (Rowe, 1972). Ses forêts de résineux arrivent au second rang, derrière celles de l'Union soviétique, pour ce qui est de leur volume. Presque la moitié de la superficie totale des terres du Canada est peuplée de forêts ou pourrait l'être. Les forêts occupent 453 millions d'hectares (soit l'équivalent de 4,53 millions de kilomètres carrés) ou 45 % de la superficie totale du Canada (Forêts Canada, 1990*a*).

La figure 10.1 présente les régions géographiques où se trouvent les huit principaux types de communautés forestières. Chaque région forestière jouit d'un climat particulier et abrite un groupement d'essences déterminé, même si ses limites ne sont pas nettement définies. La carte *ne montre pas la véritable étendue* des forêts au Canada : dans chaque région, certaines terres ont été converties à d'autres fins, dont l'agriculture et les établissements humains.

En collaboration avec les ministères des Forêts des provinces et des territoires, Forêts Canada publie tous les cinq ans un inventaire national des forêts du Canada. Cet inventaire porte sur 88 % des forêts du Canada[2] (398 millions d'hectares); les 12 % qui restent ne sont pas inventoriés parce qu'ils ne produisent guère de fibre ligneuse.

De ces 398 millions d'hectares, 244 millions sont classés comme « terrains forestiers productifs », ce qui signifie qu'ils peuvent produire un peuplement marchand dans un laps de temps raisonnable. En 1986, les terrains forestiers productifs « boisés »[3] couvraient 216 millions d'hectares, dont 96,5 millions — à peu près la superficie de la Colombie-Britannique — étaient peuplés d'arbres dits « mûrs » et « surannés » en langage forestier (les classes de maturité sont définies à la note figurant au bas du tableau 10.1) et pouvaient être exploités. Le tableau 10.1 montre la superficie des terrains forestiers productifs par classe de maturité et le volume de fibre ligneuse de chaque classe. Les forêts du Canada ont toujours été décrites en fonction de leur valeur commerciale. Le besoin d'une définition élargie reflétant cette valeur et les autres fonctions des forêts a été reconnu, et Forêts Canada et les organismes provinciaux des forêts se penchent sur cette question.

Nous disposons de très peu de données sur les valeurs des autres fonctions des forêts du Canada. Les arbres sont loin d'être l'unique élément des forêts du Canada. Le sol, l'eau, l'air et les organismes vivants — du champignon aux humains — ont tous d'importantes fonctions écologiques à remplir dans les forêts naturelles et les forêts aménagées. Le Canada compte des ressources vivantes diversifiées, dont

---

[1] Les données du présent chapitre ont certaines limites. Les statistiques forestières reposent en grande partie sur les données fournies par les gouvernements provinciaux, qui utilisent une terminologie non uniforme (Haddon, 1988) et ne recueillent pas forcément leurs données au cours d'une même année. Nous vous présentons les données les plus récentes à notre disposition et nous avons tenté d'assurer leur uniformité. Le Conseil canadien des ministres des Forêts s'est engagé à étendre, à mettre à jour et à normaliser les données sur les forêts grâce à la création d'une base nationale de données afin que les Canadiens bénéficient d'une meilleure description des forêts du Canada.

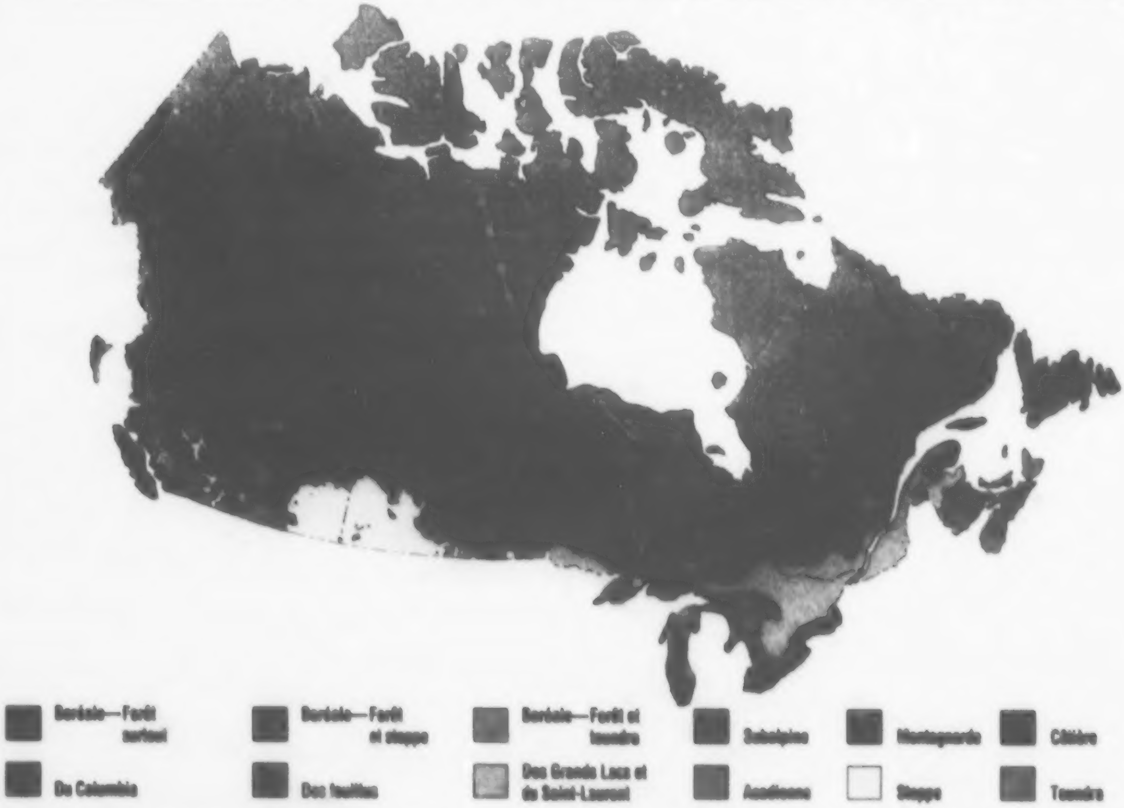
[2] Ce pourcentage de 88 % comprend les terres domaniales et les terrains privés. Plus de 90 % des terrains forestiers du Canada sont de propriété publique.

[3] Un terrain forestier « boisé » est un terrain supportant des arbres en croissance.

FIGURE 10.1

Les huit régions forestières du Canada

Région forestière	Description écologique
Région forestière boréale	Cette région comprend la majeure partie des forêts du Canada et jouit d'un climat continental où les hivers sont froids et les étés chauds. Elle est dominée par l'épinette noire, l'épinette blanche et le mélèze laricin. Le sapin baumier et le pin gris sont très répandus dans les parties est et centrale, tandis que le sapin subalpin et le pin tordu sont les essences caractéristiques de la région du nord-ouest.
Région forestière subalpine	Le climat des hautes terres montagneuses de l'Alberta et de la Colombie-Britannique peut être très variable. Les essences caractéristiques sont l'épinette d'Englemann, le sapin subalpin et le pin tordu.
Région forestière montagnarde	Le climat du plateau central de la Colombie-Britannique et de certaines vallées et chaînons du sud-ouest de l'Alberta est sec. Le douglas taxifolié bleu, le pin tordu, l'épinette d'Engelmann et le peuplier faux-tremble sont des essences communes.
Région forestière côtière	La côte du Pacifique jouit d'un climat océanique humide. Les arbres de cette région atteignent des dimensions plus importantes et ont une croissance plus rapide que partout ailleurs au Canada. Le thuya géant, la pruche occidentale, l'épinette de Sitka et le douglas taxifolié vert sont les essences dominantes. L'arbousier madrono et le chêne de Garry ne croissent au Canada que dans les secteurs plus secs de cette région. L'aune rouge et l'érable grandifolié sont également des essences communes.
Région forestière du Columbia	Certaines parties de l'intérieur de la Colombie-Britannique, y compris les vallées de la Kootenay, de la Thompson et du Fraser, jouissent d'un climat pluvieux. Parmi les principales essences, mentionnons le thuya géant, la pruche occidentale ainsi qu'un grand nombre de pins argentés, de douglas taxifoliés et de sapins grandissimes.
Région forestière des feuillus	Le sud-ouest de l'Ontario jouit d'un climat plus doux que la majeure partie du centre du Canada. Cette région forestière constitue une extension vers le nord des grandes forêts de feuillus des États-Unis. Parmi les principales essences, mentionnons l'érable à sucre, le hêtre, l'orme d'Amérique, le noyer cendré et le tilleul d'Amérique. Parmi les arbres poussant à la limite nord de leur aire d'extension, mentionnons le tulipier d'Amérique, le magnolier acuminé, l'asiminier trilobé, le mûrier rouge, le chicot févier, le nyssa sylvestre et le sassafras officinal. Cette région est celle qui renferme la plus grande variété d'essences. Il y reste très peu de vestiges de la forêt originelle en raison de l'agriculture et de l'urbanisation.
Région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent	Cette région jouit d'un climat tempéré caractéristique des rives des Grands Lacs et des vallées du Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais. Parmi les principales essences, mentionnons l'érable à sucre, le pin blanc, le pin rouge, la pruche du Canada et le bouleau jaune. L'érable rouge, le chêne rouge, le tilleul d'Amérique et l'orme d'Amérique ainsi que de nombreux autres feuillus sont des essences communes.
Région forestière acadienne	Cette région profite du climat océanique des Maritimes. L'épinette rouge, associée au sapin baumier, au bouleau jaune et à l'érable à sucre, est l'essence caractéristique. Parmi les autres essences communes, mentionnons le pin rouge, le pin blanc, la pruche du Canada, l'épinette noire et l'épinette blanche.



Source : Rowe, 1972

TABLEAU 10.1

Superficie et volume de fibre ligneuse des terrains forestiers inventoriés, boisés, productifs et non réservés, par « classe de maturité », 1986

Classe	Provinces de l'Atlantique	Québec	Ontario	Provinces des Prairies	Colombie-Britannique	Yukon et Territoires du Nord-Ouest	Canada
A. Classe de maturité (millions d'hectares)							
Régénération	3,74	7,38	1,18	4,13	1,69	1,69	19,79
Jeune	5,42	9,20	12,33	23,26	15,00	12,55	77,76
Mûr	4,59	22,67	11,56	10,51	28,28	5,72	83,33
Suranné	1,19	–	7,61	4,25	0,08	0,02	13,14
Inéquienne	0,22	0,15	0,01	–	–	–	0,37
Non classé	5,14	12,45	0,01	4,44	–	–	22,04
Total	**20,28**	**51,85**	**32,68**	**46,57**	**45,05**	**19,98**	**216,41**
B. Classe de maturité (millions de mètres cubes)							
Régénération	1	119	1	10	9	–	140
Jeune	357	734	930	1 549	1 604	452	5 625
Mûr	546	2 167	1 465	1 742	7 226	473	13 619
Suranné	142	–	1 132	814	28	1	2 117
Inéquienne	15	18	1	–	–	–	34
Non classé	306	1 187	–	125	–	–	1 618
Total	**1 366**	**4 225**	**3 529**	**4 240**	**8 867**	**926**	**23 154**

Remarque :
Régénération : Arbres issus du renouvellement naturel ou artificiel d'un peuplement forestier, généralement de moins de 1 m de hauteur.
Jeune : Arbres ou peuplements qui ont dépassé le stade de la régénération, mais qui n'ont pas atteint l'âge d'exploitabilité.
Mûr : Arbres ou peuplements ayant atteint ou presque l'âge d'exploitabilité.
Suranné : Arbres ou peuplements ayant dépassé l'âge d'exploitabilité. Les ouvertures créées dans le couvert par la mortalité deviennent apparentes.
Inéquienne : Se dit d'une forêt, d'un peuplement ou d'un type de couvert composé d'arbres d'âges très différents.

Source : Forêts Canada, 1990*b*

131 espèces d'arbres (essences), plus de 4 000 autres espèces de plantes vasculaires, environ 200 espèces de mammifères, près de 580 espèces d'oiseaux, plus de 80 espèces différentes d'amphibiens et de reptiles ainsi que plus de 48 000 espèces connues d'insectes et autres invertébrés. Un grand nombre des espèces animales du Canada passent au moins une partie de leur vie en forêt. La demande d'activités récréatives en forêt augmente également avec la croissance démographique. Reconnaissant les valeurs des autres fonctions de la forêt, les gouvernements ont interdit l'exploitation commerciale sur environ 12 millions d'hectares de terrains forestiers inventoriés (dont 9 millions d'hectares ou 4 % sont des terrains forestiers productifs) qui se trouvent dans des parcs (bien que l'exploitation forestière *soit permise* dans *certains* types de parcs) ou d'autres types de réserves.

LA DÉPENDANCE DES CANADIENS À L'ÉGARD DES FORÊTS

Les revenus engendrés par les produits forestiers

En 1988, le Canada était le premier producteur mondial de papier journal, le deuxième pour la pâte de bois et le troisième pour le bois d'œuvre de résineux. La même année, la valeur des expéditions de produits forestiers transformés au Canada s'élevait à 49 milliards de dollars. En 1989, les exportations du secteur forestier étaient évaluées à 23 milliards de dollars, ce qui représentait 17 % de toutes les exportations canadiennes. Aucune autre industrie n'affiche des exportations aussi supérieures à ses importations. Ce surplus commercial dépasse les surplus combinés de l'agriculture, de l'énergie, des pêches et de l'exploitation minière.

Les produits forestiers contribuent de façon significative à l'économie régionale et rurale. Ils sont à la base de l'économie de presque 350 collectivités monoindustrielles. Au total, près de 900 collectivités sont directement tributaires, dans une certaine mesure, de l'industrie forestière (Pharand, 1988).

Les emplois et les activités de subsistance

En 1988, l'industrie forestière et les industries connexes fournissaient 900 000 emplois, et le total des traitements et des salaires des industries primaires et manufacturières du secteur des forêts atteignait près de 9,6 milliards de dollars.

En 1985, quelque 16 520 boisés de ferme d'une superficie totale de 2,79 millions d'hectares ont permis à des agriculteurs d'accroître leurs reve-

nus avec la culture d'arbres et la vente de produits forestiers comme le bois de chauffage et le sirop d'érable. Environ 500 000 propriétaires de boisés privés aménagent 22 millions d'hectares de terrains forestiers productifs.

En milieu rural, des Canadiens, en particulier des autochtones, se consacrent encore à des activités traditionnelles de chasse et de pêche pendant au moins une partie de l'année. De plus, de nombreux autres Canadiens consomment du poisson, du gibier, du sirop d'érable ainsi que des champignons et des plantes récoltés en forêt et coupent des arbres pour se chauffer et faire cuire leurs aliments.

Les loisirs

Des activités récréatives comme la visite des parcs, l'observation des oiseaux, la photographie de la nature, la chasse, les randonnées pédestres, le canotage et les séjours dans des chalets se déroulent souvent en milieu forestier. Les forêts situées à proximité des villes sont de plus en plus prisées par les citadins qui cherchent à s'évader de l'environnement urbain. C'est cette même raison qui explique l'attrait grandissant des régions sauvages éloignées.

L'information scientifique

Les forêts relativement intactes sont utiles aux chercheurs qui étudient la dynamique des écosystèmes forestiers afin d'améliorer les méthodes d'aménagement des terrains forestiers. De plus, en surveillant les changements du mode de croissance des arbres, les chercheurs peuvent déceler les impacts nuisibles des activités humaines, notamment la pollution atmosphérique et le changement climatique. Les chercheurs en foresterie ratissent les forêts intactes et régénérées naturellement à la recherche de gènes végétaux inhabituels pour tenter de produire par hybridation des arbres ayant des caractéristiques souhaitables comme la résistance aux maladies ou la capacité de croître dans des sols de piètre qualité.

Les habitats de la faune

Les habitats forestiers sont essentiels à la survie de nombreuses espèces fauniques, y compris certaines espèces de poissons d'eau douce. Le Canada abrite la majeure partie des populations mondiales de caribous des bois, de loups, de grizzlis et de carcajous, qui vivent tous en forêt pendant au moins une partie de l'année.

Il y a dépendance réciproque entre la faune et les habitats forestiers. Les bactéries, les oiseaux, les insectes, les poissons, les invertébrés et les mammifères font partie intégrante des écosystèmes forestiers et assurent des fonctions diverses comme la nitrification (l'azote atmosphérique devient assimilable par les plantes), la pollinisation et la dissémination des graines.

La conservation de l'eau et du sol

Les forêts servent à stocker et à purifier l'eau : la couche supérieure de la couverture morte, appelée la litière, emprisonne l'eau et empêche le ruissellement, les grumes et les mousses se gorgent d'eau, les sols recevant l'ombrage des arbres ne s'assèchent que lentement et les racines absorbent l'eau; les racines et le sol absorbent les produits chimiques de l'eau (figure 10.2). Le couvert forestier retarde la fonte des neiges, favorise l'accumulation de neige dans les trouées et les clairières et influe sur l'écoulement de l'eau. La source de nombreuses rivières se trouve dans des bassins versants boisés.

En forêt, le ruissellement est entravé et les racines de la végétation retiennent le précieux sol arable. Ce dernier se compose de la flore et de la faune en décomposition et de la litière annuelle qui tombe des arbres. Une couche de litière, appelée la matte, est décomposée graduellement par des microorganismes et les éléments nutritifs libérés par les processus de décomposition enrichissent le sol minéral sous-jacent. Le processus est particulier à chaque station; le type de sol qui se forme est fonction du couvert forestier et des caractéristiques de la station, notamment le degré d'ombrage, la quantité de précipitations qui atteint le sol, le drainage et la déclivité. Le sol abrite une multitude complexe d'organismes qui sont importants pour la productivité des forêts. Ainsi, certains types de champignons (les ectomycorrhiziens) qui poussent sur les racines des arbres en santé augmentent la capacité d'absorption des éléments nutritifs de ces arbres. Ces champignons sont disséminés dans la forêt par des mammifères comme les grands polatouches, qui mangent les fructifications des champignons et en dispersent les spores dans leurs fèces partout dans la forêt (Maser, 1990*b*).

L'influence des forêts sur le climat et la purification de l'air

En plus d'atténuer les effets de la sécheresse en agissant comme réservoir, la végétation forestière dégage de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, un processus appelé transpiration (figure 10.2), influant ainsi sur le degré d'humidité local et tempérant les variations extrêmes du climat. Il a été démontré que le déboisement augmente la température de l'air (en raison d'une diminution de l'absorption de l'énergie solaire par la végétation) ainsi que la vitesse et la durée des vents (les arbres ne pouvant plus servir de brise-vent) et entraîne des modifications de la configuration régionale et locale des précipitations.

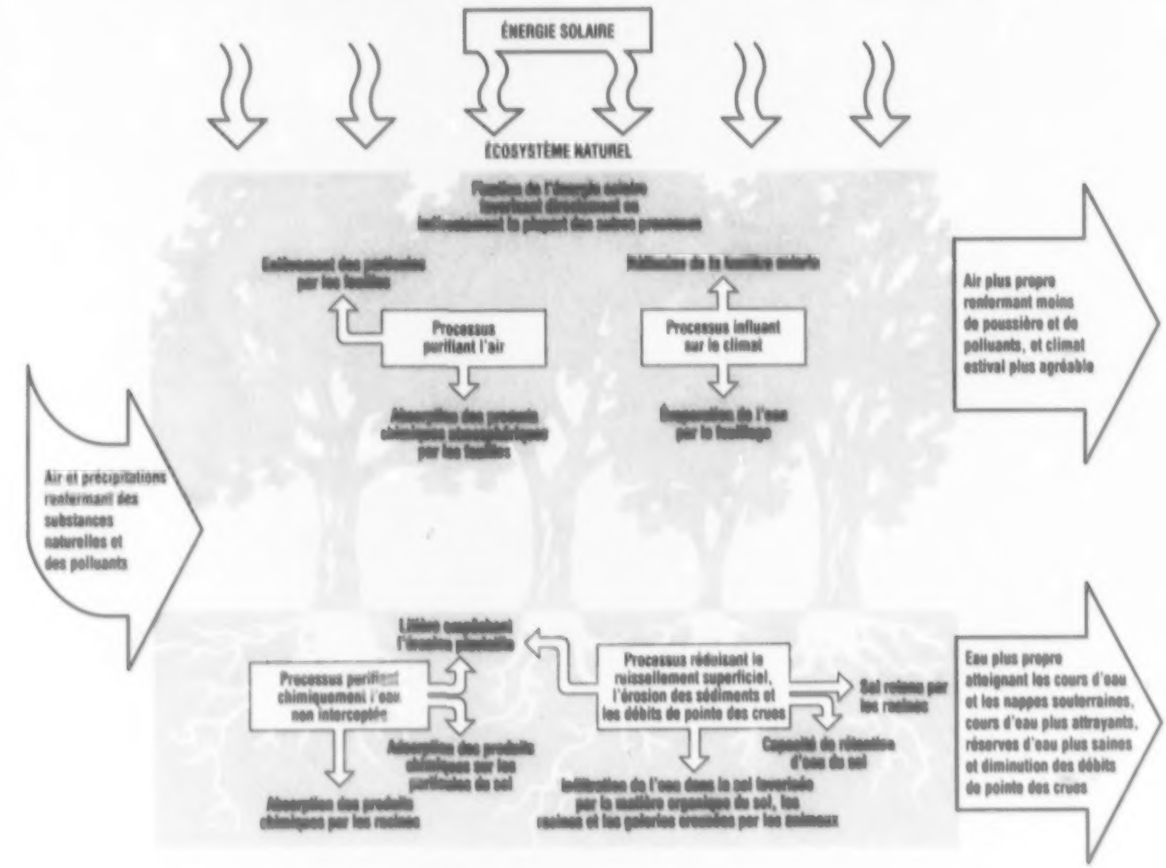
Les plantes absorbent le dioxyde de carbone — le gaz principalement en cause dans le réchauffement global —, emmagasinent le carbone et libèrent de l'oxygène. Les forêts filtrent également d'autres polluants atmosphériques (figure 10.2). Les forêts jouent donc un rôle de permier plan dans le maintien de la qualité de l'eau, du sol et de l'air.

La biodiversité

La biodiversité, ou diversité biologique, englobe la diversité génétique intraspécifique, la diversité des espèces et celle des écosystèmes. La diversité des organismes des forêts du Canada est une mesure fondamentale de la santé du milieu naturel.

FIGURE 10.2

Les forêts, grâce à l'énergie solaire, purifient l'air et l'eau, conservent l'eau et régularisent le climat



Source : Bormann et Likens, 1979.

Les forêts canadiennes renferment 131 essences différentes, chacune d'elles présentant des variations génétiques qui peuvent être considérables (p. ex., chez l'épinette blanche et le douglas taxifolié) ou relativement restreintes (p. ex., chez le pin rouge). Certaines régions comme la péninsule gaspésienne au Québec et les îles de la Reine-Charlotte en Colombie-Britannique abritent des populations végétales rares ou uniques, confinées dans des secteurs précis (plantes endémiques), et qui peuvent être une relicte ou le fruit d'une évolution récente. Des hybrides apparaissent quelquefois dans la nature et sont le résultat du croisement de deux essences étroitement apparentées.

Les forestiers considèrent la diversité génétique et l'hybridation comme des ressources précieuses favorisant l'obtention d'arbres génétiquement supérieurs, par exemple, des arbres croissant mieux dans des sols de moindre qualité et des arbres moins vulnérables aux maladies. La diversité génétique dote une essence de la souplesse dont elle a besoin pour s'adapter naturellement à des changements environnementaux comme le réchauffement climatique et une pollution accrue. La diversité des espèces végétales et animales et des paysages associés donne à l'ensemble de la forêt cette même souplesse d'adaptation.

L'ÉVOLUTION DE LA FORÊT

Aucun écosystème forestier n'est à l'abri des forces du changement et des perturbations environnementales. À l'état naturel et en l'absence d'intervention humaine, la composition de la forêt évolue à mesure que le biote s'adapte à de nouvelles conditions et s'implante dans de nouvelles régions. Les arbres ont leur propre cycle : les

essences dominantes changent avec le temps (succession) jusqu'à ce que cette séquence évolutive, qui va des essences pionnières au climax, soit interrompue par un incendie ou une autre catastrophe naturelle et que la succession doive recommencer, ou jusqu'à ce que la forêt atteigne le stade où les arbres meurent de vieillesse (climax forestier) et laissent dans la forêt des vides où les semis peuvent se développer. Ainsi, la forêt est un amalgame de peuplements d'âges, d'étendue et de composition variés. Cette description englobe également les vieilles forêts constituées principalement d'arbres très âgés, de chicots (arbres morts encore sur pied) et de grumes.

Depuis des millénaires, les essences forestières se sont adaptées aux perturbations naturelles. Les forêts du Canada sont exposées à des pressions dont le rythme et l'ampleur augmentent. Les activités commerciales comme la récolte du bois et la sylviculture touchent environ 0,5 % des forêts commerciales chaque année. D'autres activités humaines, comme les changements d'utilisation des terres, le tourisme, les loisirs et les incendies, de même que des facteurs d'une ampleur planétaire, comme le changement climatique et la pollution atmosphérique, modifient également la forêt. Ces pressions combinées et le rythme auquel elles s'exercent peuvent mettre à l'épreuve la résilience des forêts de certaines régions.

Le cycle du feu et la lutte contre les incendies

Les feux de friches ont toujours été la principale source de perturbation dans les forêts du Canada. Seules certaines forêts rarement ravagées par le feu, comme les forêts feuillues sciaphiles de l'est du Canada, les forêts d'altitude ou la forêt ombrophile tempérée de la côte Ouest, ont tendance à atteindre le climax. Ailleurs, la forêt est une mosaïque de classes d'âge différentes reflétant les perturbations antérieures causées par les feux de friches. Ainsi, avant 1939, la forêt boréale de l'Alberta était ravagée par le feu tous les 50 ans et la forêt subalpine, environ tous les 60 ans (Van Wagner, 1978; Murphy, 1985).

Les incendies de forêt sont considérés comme ayant des répercussions positives ou négatives, selon les objectifs d'aménagement du secteur touché. Certaines essences comme le pin tordu ou le pin gris dépendent naturellement du feu qui libère leurs graines et prépare un lit de germination adéquat en exposant le sol minéral. De plus, le feu est bénéfique à la régénération du pin rouge et du pin blanc, car il brûle la matte, réduit la compétition végétale et prépare le lit de germination. Les cendres de bois qui restent après un incendie apportent des éléments nutritifs au sol.

Par contre, les incendies peuvent gravement réduire l'approvisionnement en bois des industries forestières, diminuer la valeur récréative des forêts et menacer les habitations et les moyens de subsistance de la population. Au cours des dernières années, quelque 10 000 incendies ont pris naissance chaque année un peu partout au Canada, détruisant en moyenne 900 000 ha de forêts (tableau 10.2); environ 25 % de ces pertes se sont produites dans des forêts productives d'intérêt commercial. L'année 1989 a été pire que la moyenne : plus de 12 000 incendies ont détruit environ 7,3 millions d'hectares. Selon les données historiques, plus de la moitié de tous les incendies de forêt sont causés par les humains. Afin de protéger la population et les forêts productives d'intérêt commercial, le Canada est devenu un chef de file mondial en matière de détection des incendies et de lutte contre ceux-ci.

Les insectes et les maladies des arbres

Toutes les forêts abritent des insectes et des micro-organismes qui forment des communautés complexes. Ceux qui affaiblissent ou tuent des arbres dans les forêts commerciales aménagées sont considérés comme des ravageurs. Nombre d'entre eux sont indigènes des forêts du Canada, comme c'est le cas dans la plupart des forêts de la planète. Les maladies frappent généralement des arbres qui sont déjà affaiblis par divers facteurs anthropogènes ou naturels, y compris les insectes. Les insectes et les maladies peuvent ravager ou tuer de nombreux arbres, mais, avec le temps, la forêt se régénère à mesure que disparaissent les conditions favorisant une infestation, par exemple, un changement des conditions climatiques, une diminution de l'approvisionnement en nourriture des insectes ou une augmentation des prédateurs d'insectes. Selon le stade de succession de la forêt infestée à l'origine, la nouvelle forêt peut être similaire ou non à l'ancienne. Les infestations par des insectes sont le plus souvent des phénomènes cycliques. Parmi les insectes causant le plus de dégâts, mentionnons la tordeuse des bourgeons de l'épinette, la livrée des forêts, la tordeuse du pin gris, le dendroctone du pin ponderosa, la spongieuse et l'arpenteuse de la pruche.

Comme il est indiqué au tableau 10.2, l'insecte le plus destructeur est la tordeuse des bourgeons de l'épinette, dont l'hôte de prédilection est le sapin baumier. Uniquement au Québec, la dernière infestation de cette tordeuse a entraîné la perte de plus de 200 millions de mètres cubes de bois, soit l'équivalent de 5 années de récolte du volume de 1986. Fait alarmant, l'intervalle moyen entre les infestations semble diminuer. De 1704 à 1877, cet intervalle était de 29 ans (7 infestations); toutefois, au cours des 40 dernières années, cet intervalle est passé à près de 11 ans, malgré les pulvérisations d'insecticides à grande échelle (Blais, 1965; Martineau, 1984). Certains observateurs ont établi un lien entre la plus grande fréquence des infestations et les méthodes d'exploitation comme les coupes d'écrémage de l'épinette (qui laissent sur pied l'hôte de prédilection de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, le sapin baumier) et le dépérissement des peuplements qui survient lorsque les arbres en santé sont abattus (Koroleff, 1951, cité dans Swift, 1983).

Les populations endémiques d'insectes indigènes causent elles-mêmes suffisamment de dégâts; toutefois, lorsque des ravageurs pathogènes exotiques sont accidentellement introduits, cela peut avoir des répercussions désastreuses. Les peuplements existants n'y sont pas adaptés et il n'existe aucun prédateur naturel. La destruction peut donc être totale. Dans les Maritimes, le puceron lanigère du sapin introduit

TABLEAU 10.2

Pertes causées par les incendies et les ravageurs

Incendies	Moyenne de 1984 à 1985	1986	1987	1988	1989
Nombre d'incendies	8 554	7 087	11 304	10 741	12 105
Superficie détruite par le feu (milliers d'hectares)					
Total des terrains forestiers	824	950	1 086	1 336	7 273
Terrains forestiers productifs	209	312	313	640	2 339
Dépenses de lutte contre les incendies (millions de dollars)					
Coûts budgetés	137	109	116	142	165
Coûts des activités de lutte contre les incendies	108	102	155	185	270
Ravageurs	**Superficie des terrains productifs ravagés (milliers d'hectares)**				
Tordeuse des bourgeons de l'épinette	16 460	12 385	8 479	6 335	7 738
Livrée des forêts	2 177	2 007	3 813	8 350	10 715
Tordeuse du pin gris	3 276	2 052	508	737	248
Dendroctone du pin ponderosa	292	94	66	63	53
Spongieuse	165	168	13	30	82
Arpenteuse de la pruche	180	215	150	13	9

Source : Forêts Canada, 1990b

est un ravageur destructeur du sapin baumier et l'arpenteuse tardive d'Europe menace des peuplements feuillus de grande valeur. La rouille vésiculeuse du pin blanc, introduite en 1900 au Canada en provenance d'Europe et d'Asie, occasionne toujours des pertes considérables de croissance chez le pin blanc (Maini et Carlisle, 1974). La spongieuse, un insecte défoliateur, a été introduite aux États-Unis au milieu du siècle dernier et s'est propagée depuis au Canada. Elle est une grave menace pour des feuillus comme le chêne, l'érable et le bouleau.

La pollution atmosphérique

Certains stress causés par les activités humaines, en particulier la pollution atmosphérique, peuvent endommager la forêt à une grande échelle. Même si nous ne comprenons pas entièrement les effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes forestiers, nous connaissons certains polluants atmosphériques qui sont nuisibles aux forêts, notamment les produits chimiques organiques (pesticides, composés organiques volatils et esters), le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et les métaux lourds. L'ozone et les fluorures sont nocifs lorsqu'ils sont en contact direct avec la végétation.

Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote se combinent avec l'eau dans l'atmosphère pour causer des dépôts acides. Au Canada, une grande partie de ces dépôts sont liés aux émissions de dioxyde de soufre provenant des centrales électriques alimentées au charbon et des fonderies. Près de la moitié des dépôts de soufre au Canada sont transportés par les vents dominants et proviennent de sources d'émissions situées aux États-Unis. Les émissions d'oxydes d'azote sont préoccupantes en raison, d'abord, de leur rôle dans la formation de l'ozone de la basse troposphère et, ensuite, de leurs effets sur la santé des humains, des animaux et des plantes et de leur rôle dans les dépôts acides (voir le chapitre 24).

La fertilité du sol est un facteur essentiel pour déterminer la vulnérabilité relative d'une forêt aux dépôts acides. De par leurs effets sur la chimie du sol (éléments nutritifs), ces dépôts font diminuer la vigueur et la croissance des arbres. Ce phénomène peut affaiblir les érables chez lesquels on observe un dépérissement attribuable à des causes naturelles (voir l'encadré 10.1).

Au Canada, le dépôt humide de sulfate, ou la quantité de sulfate de la pluie, du brouillard et de la neige qui retombe au sol, varie de moins de 10 kg/ha/an à plus de 40 kg/ha/an. Il reste encore à déterminer les charges acides critiques (c.-à-d. le taux de dépôt dans un écosystème forestier donné au-delà duquel les dommages se produisent) des terrains forestiers du Canada. Un vaste secteur de la région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent, à forêt mélangée de pins, d'épinettes et de feuillus croissant dans des sols déjà acides, se trouve dans la zone de dépôt humide de sulfate de 20–40 kg/ha/an, ce qui rend ce secteur vulnérable à une dégradation. Des sols infertiles ont également rendu vulnérable la région forestière acadienne des Maritimes. De vastes secteurs de la région forestière boréale dont les sols sont vulnérables, acides et pauvres en éléments nutritifs se trouvent dans la zone de dépôt plus faible, soit de moins de 10–15 kg/ha/an; toutefois, même de faibles niveaux de dépôts acides peuvent être nuisibles à des écosystèmes forestiers sensibles, sans même que nous le sachions.

Forêts Canada a mis sur pied le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides afin d'étudier et de surveiller les interactions forêts–pollution atmosphérique (Magasi, 1988). À l'heure actuelle, ce réseau compte plus de 100 placettes d'échantillonnage, établies principalement dans l'est du Canada.

L'effet de serre

Les scientifiques s'entendent généralement sur le fait qu'il y aura une importante élévation de la température globale moyenne au cours des 30 à 70 prochaines années. La concentration atmosphérique de dioxyde de carbone augmente à un taux de 0,5 % par année (et devrait vraisemblablement doubler dans un avenir prochain) et les concen-

trations d'autres « gaz à effet de serre » comme les chlorofluorocarbures, le méthane et les oxydes d'azote sont également en hausse.

Ce changement climatique risque d'avoir des effets marquants sur les forêts canadiennes. L'élévation de la température et la diminution de la teneur en eau du sol peuvent modifier la répartition des arbres et des écosystèmes associés. Certains effets pourraient être bénéfiques, comme l'allongement de la saison de croissance. Toutefois, d'autres seront sûrement néfastes. Ainsi, les incendies seront plus fréquents, et les températures plus élevées du printemps et de l'été, et les hivers plus chauds entraîneront peut-être une augmentation des populations d'insectes et des dommages qu'elles causent.

Les forestiers ont du mal à se préparer au réchauffement global en raison du temps qu'il faut à un arbre pour atteindre la maturité. Les arbres choisis en fonction des conditions dominantes au moment de la plantation peuvent cesser de se développer ou peuvent mourir si le climat devient défavorable. Si la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère en 1991 devait doubler, il a été estimé que la zone forestière boréale de l'ouest du Canada se déplacerait de 900 km plus au nord (Wheaton et Thorpe, 1989).

Il est possible d'empêcher ou de ralentir l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de plusieurs façons. La mesure préventive la plus évidente est une diminution de l'utilisation de combustibles fossiles. L'accroissement de la biomasse forestière, grâce à une diminution du déboisement ou au reboisement, peut également ralentir l'apport de carbone dans l'atmosphère. C'est là une raison importante pour tenter de maintenir la biomasse forestière.

L'accroissement du matériel sur pied grâce à de nouvelles plantations et à la régénération naturelle n'offre pas une solution permanente au problème du réchauffement global; toutefois, il pourrait permettre de gagner du temps — peut-être plusieurs décennies — pour trouver d'autres méthodes afin de limiter l'accumulation de dioxyde de carbone et le réchauffement global qui s'ensuivra. Dans l'intervalle, de nombreuses recherches sur le changement climatique se déroulent au Canada et partout dans le monde (Harrington, 1987; Wheaton et collab., 1987; Addison, 1988; Environnement Canada, 1988; Rizzo et Wiken, 1990).

ENCADRÉ 10.1

Les érablières de l'est du Canada

Au Canada, une visite à la « cabane à sucre » est depuis longtemps un rite du printemps. Les premiers colons européens ont appris des autochtones du Canada comment recueillir la sève de l'érable à sucre, faire bouillir cette eau et produire du sirop et du sucre d'érable. De nos jours, l'acériculture, ou culture des érables à des fins de production de sirop et de produits de l'érable, est une importante industrie saisonnière au Québec, en Ontario et dans les Maritimes.

Le dépérissement de l'érable à sucre présente des symptômes caractéristiques — mort des extrémités des branches, jaunissement précoce et chute des feuilles — qui entraînent la mort des arbres touchés. Les insectes, les maladies et la sécheresse peuvent contribuer au déclin naturel des arbres agressés. Toutefois, au cours des deux dernières décennies, des chercheurs et des acériculteurs se sont inquiétés du stress supplémentaire causé par la pollution atmosphérique.

Aucune relation directe de cause à effet ne peut être établie expérimentalement entre la pollution atmosphérique et le dépérissement de l'érable à sucre. Une étude effectuée au Québec montre que seulement 3 % des érablières ont perdu plus de 25 % de leur couvert, mais que 47 % ont perdu de 11 à 25 % de leur couvert. Le relevé montre également que l'étendue des dégâts ne cesse d'augmenter.

Les recherches sur les causes du dépérissement ont débuté en 1986. Le gouvernement du Canada et celui du Québec collaborent à un programme de fertilisation des érablières qui offre une solution temporaire. Les recherches révèlent que les dommages sont dus à des activités humaines et à des phénomènes naturels, dont les fluctuations soudaines de la température et le manque d'humidité et de couverture neigeuse.

Les changements d'utilisation des terres

Chaque année, des superficies forestières disparaissent au profit de l'urbanisation, de nouvelles routes, de corridors de transport de l'énergie et de projets hydroélectriques. Les routes, les voies ferrées et les corridors de transport de l'énergie traversent des milliers de kilomètres de terrains forestiers. Environ 170 des 576 barrages du Canada sont situés en forêt boréale et 55 se trouvent dans les forêts de la région montagnarde des Rocheuses.
Au Québec, la deuxième phase du projet hydroélectrique de la baie James pourrait inonder plusieurs centaines de milliers d'hectares de forêt.

Certains des terrains forestiers défrichés par les premiers colons européens dans l'est du Canada se sont avérés impropres à la culture et se repeuplent maintenant de forêts. Dans le sud de l'Ontario, les superficies forestières ont augmenté, passant de 25 à 29 % en deux décennies (Armson, 1989). Dans l'Ouest, certains terrains forestiers sont encore convertis en exploitations agricoles.

Les réserves forestières

Dans le présent chapitre, et au sens forestier du terme, l'expression « terrain forestier réservé » désigne un terrain forestier qui, en vertu d'une loi ou d'une décision administrative, n'est pas disponible pour l'exploitation forestière. Environ 9 millions d'hectares de terrains forestiers productifs et quelque 3 millions d'hectares de terrains forestiers improductifs ont été réservés comme parcs, aires naturelles, terrains de camping, etc. Le Canada compte 34 parcs nationaux (18 millions d'hectares) et environ 1 280 parcs provinciaux (23,5 millions d'hectares) dont certains sont en grande partie boisés; par contre, d'autres ne contien-

nent presque pas de forêt. Le degré de protection dans ces parcs est variable. Le gouvernement du Canada a comme objectif avoué de réserver et de protéger 12 % de son territoire.

La répartition spatiale des territoires protégés est importante tant du point de vue de la biodiversité que de la santé de l'écosystème. Les îlots constitués en réserves naturelles peuvent ne pas assurer la protection de nombreuses espèces, notamment celles qui sont tributaires de populations importantes de proies. Des corridors protégés doivent permettre aux espèces fauniques d'avoir accès aux régions non perturbées. De plus, la richesse spécifique est également une bonne mesure de la santé générale de l'écosystème. Par conséquent, la constitution de forêts ou d'autres types de réserves un peu partout au pays exige que l'on prenne en compte non seulement les caractéristiques spatiales de ces réserves mais également leur biodiversité.

L'exploitation forestière

Les volumes et les superficies récoltés

La fibre ligneuse — Le Canada possède une quantité importante de fibre ligneuse. Il faut savoir qu'une maison canadienne de taille moyenne nécessite 23,6 m³ de bois pour sa charpente et ses planchers et que l'inventaire national a révélé la présence de 23 milliards de mètres cubes de bois (de tous genres) pouvant être exploités (Forêts Canada, 1990*a*).

Chaque province prévoit la quantité de bois dont elle permettra la coupe chaque année. Cette « possibilité annuelle de coupe », la PAC, est basée sur l'accroissement annuel théorique du volume de bois commercialisable, compte tenu d'une multitude de facteurs, dont la quantité et la qualité des essences marchandes, l'accessibilité et le taux de croissance. De plus, de nombreuses régions de forêt productive peuvent être exclues des calculs de la PAC en raison de leur vulnérabilité ou encore de leur valeur comme zone tampon, comme habitat faunique, pour la réalisation d'études scientifiques, la pratique d'activités récréatives ou l'exploitation d'autres ressources.

Des entreprises privées concluent des ententes avec les provinces pour obtenir le droit de récolter des superficies données dans certaines conditions. Les détenteurs de permis doivent, en vertu des tenures forestières, présenter des plans détaillés d'aménagement et de mise en valeur précisant les méthodes sylvicoles qui seront utilisées pour régénérer les parterres de coupe, donnant les grandes lignes des méthodes mécaniques et (ou) chimiques qui seront utilisées pour protéger le nouveau peuplement, décrivant les activités prévues de construction routière, etc. Dans l'ensemble, l'aménagement forestier, y compris la plantation de semis ainsi que les soins culturaux et la protection des forêts, incombent de plus en plus aux entreprises privées. Les gouvernements provinciaux établissent la réglementation et les directives et jouent un rôle de conseiller pour s'assurer que des pratiques adéquates d'aménagement sont utilisées. La figure 10.3 montre l'étendue des tenures actuelles et les propositions à l'étude.

Auparavant, les entreprises exploitaient principalement les régions les plus accessibles, ce qui constituait une bonne pratique commerciale mais pas toujours une bonne pratique forestière. Toutefois, de nos jours, on se préoccupe de plus en plus de répartir également les coupes dans les régions d'aménagement forestier. En outre, des efforts sont déployés pour classer les stations et protéger les régions sensibles sur le plan écologique, comme les stations à sol mince, les versants abrupts, les habitats fauniques vitaux, les vieilles forêts et les bassins hydrographiques vulnérables.

Comme il est indiqué au tableau 10.3, le niveau de récolte des essences résineuses et feuillues reste inférieur à la

TABLEAU 10.3

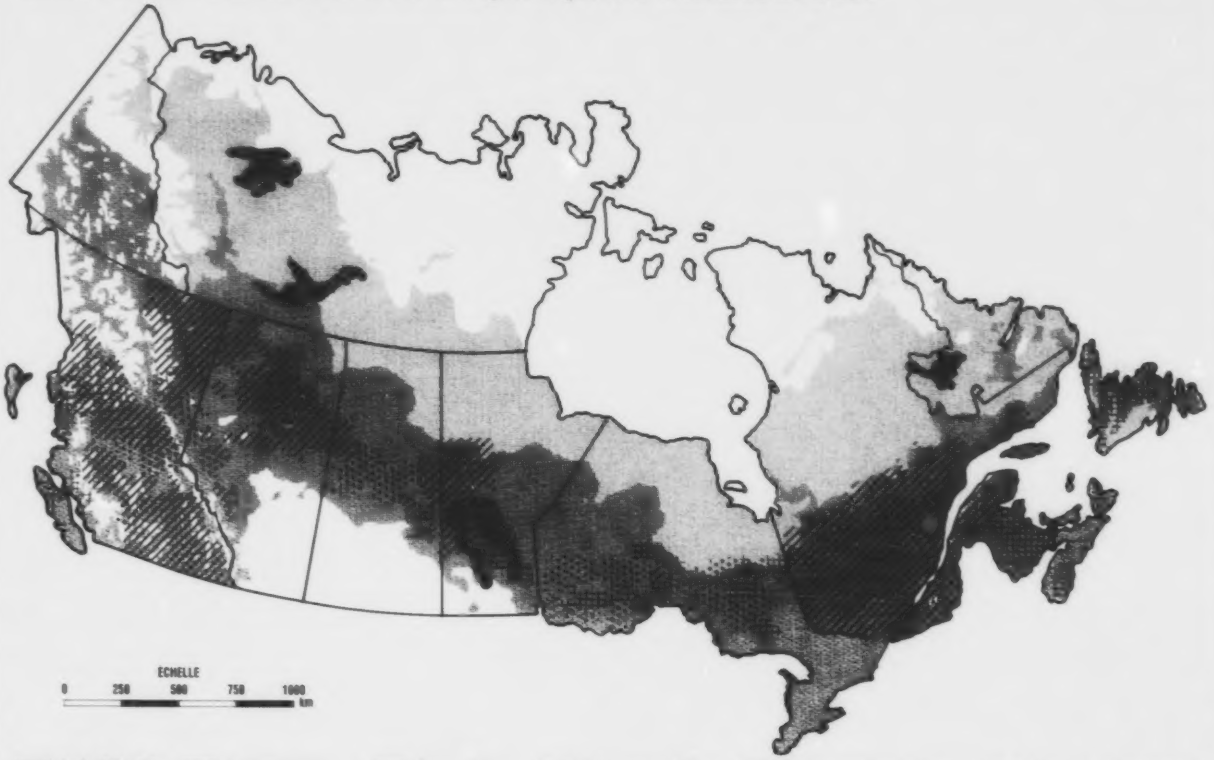
Possibilité annuelle de coupe (PAC) et récolte, 1970–1989

Année	Résineux (millions de mètres cubes)		Feuillus (millions de mètres cubes)		Total (millions de mètres cubes)	
	PAC	Récolte	PAC	Récolte	PAC	Récolte
1970	195,8	110,7	32,6	10,8	228,4	121,5
1971	–	109,0	–	10,7	–	119,7
1972	–	112,5	–	11,6	–	124,1
1973	–	130,9	–	13,0	–	143,9
1974	–	125,7	–	12,2	–	137,9
1975	–	104,6	–	10,6	–	115,2
1976	176,9	128,3	39,6	10,8	216,5	139,1
1977	205,0	133,7	72,0	11,6	277,0	145,3
1978	205,4	143,1	50,9	12,0	256,3	155,1
1979	173,8	148,2	54,2	12,8	228,0	161,0
1980	205,0	142,6	–	12,8	205,0	155,4
1981	–	132,0	–	12,5	–	144,5
1982	–	115,9	–	11,2	–	127,1
1983	166,7	143,9	40,4	13,0	207,1	156,9
1984	–	153,4	–	14,1	–	167,5
1985	–	154,5	–	14,2	–	168,7
1986	165,6	161,9	59,3	15,2	224,9	177,1
1987	–	176,1	–	15,5	–	191,6
1988	174,7	174,0	58,5	16,3	233,2	190,3
1989	166,0	174,6	–	16,8	166,0	191,4

Source : Statistique Canada et Forêts Canada; Runyon ,1991.

FIGURE 10.3

Tenures forestières accordées à des entreprises privées et tenures à l'étude



La forêt boréale « productive »

La forêt boréale « non productive »

Autres régions forestières canadiennes

Tenures en vigueur signées avant le 1er janvier 1983

Tenures en vigueur signées entre le 1er janvier 1983 et le 1er janvier 1989

Tenures en vigueur signées après le 1er janvier 1989, et propositions à l'étude

Source : Wylynko, 1991.

PAC, bien que le niveau de récolte des résineux corresponde pratiquement à la PAC à l'heure actuelle. Les gouvernements provinciaux ne cessent de réévaluer leur PAC à la lumière des contraintes sociales et écologiques, de la disponibilité économique, du développement durable et de l'évolution des techniques. Dans certaines régions, on observe des pénuries locales de bois de résineux de qualité destinés à servir de bois d'œuvre. De nouvelles techniques permettront une utilisation accrue d'essences feuillues à des fins commerciales.

Les superficies — Les superficies récoltées chaque année au Canada ont augmenté dans toutes les provinces et sont passées d'environ 700 000 ha au milieu des années 1970 à plus de 1 million d'hectares en 1988. Le Québec a connu la plus forte augmentation, les superficies récoltées passant de 135 000 ha en 1975 à 315 000 ha en 1988; en Colombie-Britannique, ces superficies sont passées de 87 000 ha à un total de 244 000 ha en 1988, et en Ontario, d'environ 50 000 ha à 237 000 ha. Les volumes de bois produits sur une superficie donnée varient grandement d'une région à l'autre du Canada, la moyenne allant de 86m^3/ha dans la région forestière boréale à 300 m^3/ha dans la région forestière côtière de la Colombie-Britannique. Dans les provinces des Prairies, les négociations récentes avec de nouvelles industries forestières entraîneront une augmentation de la récolte tant sur le plan de la superficie que du volume.

La coupe à blanc : une pratique courante mais controversée

La quantité de bois récolté ainsi que la méthode utilisée ont des répercussions sur le milieu naturel. En 1988, 190 millions de mètres cubes de bois ont été récoltés dans les forêts canadiennes. La méthode utilisée dans la plupart des cas (89,6 %) était la coupe à blanc, qui consiste à abattre tous les arbres d'un peuplement. Par contre, la coupe d'écrémage, qui consiste à abattre des arbres individuels ou des petits groupes d'arbres, n'est utilisée que dans 6,7 % des cas, les 4 % restants étant extraits par coupe partielle avec réserve de semenciers et par coupe progressive (Kuhnke, 1989).

La coupe à blanc a suscité de nombreuses préoccupations chez le public en raison de l'aspect de dévastation qu'elle laisse derrière elle. Toutefois, la coupe à blanc s'est avérée une méthode efficace de récolte et de renouvellement des peuplements équiennes issus d'incendies, notamment les peuplements d'essences pionnières (caractéristiques du début d'une succession) comme les peupliers faux-trembles et autres, les pins tordus, les pins gris et les épinettes noires. Le pin gris a besoin de chaleur pour libérer ses graines et la coupe à blanc permet de préparer le terrain pour un brûlage dirigé. Les essences pionnières ont besoin de beaucoup de lumière pour se développer et, dans la plupart des cas, la coupe à blanc permet à la lumière du Soleil d'atteindre complètement les semis.

Tout en étant économiquement rentable dans de nombreux peuplements forestiers, la coupe à blanc permet une préparation relativement facile du terrain ainsi que l'établissement et l'entretien d'une nouvelle forêt en voie de régénération. Toutefois, une coupe à blanc mal exécutée peut empêcher la régénération naturelle. L'érosion du sol peut dégrader les cours d'eau et les rivières, entraînant l'envasement des habitats du poisson. Les coupes à blanc pratiquées dans les anciennes forêts détruisent effectivement des micro-écosystèmes et ceux-ci peuvent ne jamais revenir à leur état initial. Pour compliquer les choses, les chercheurs ne s'entendent pas toujours sur le meilleur mode de coupe à blanc. Par exemple, le caribou des bois doit disposer d'habitats dans de vieilles forêts. Certains biologistes pensent que, en cas d'exploitation de son habitat, le caribou s'en tirera mieux si l'on ouvre de petits carreaux de coupe reliés par des bandes ininterrompues de vieille forêt, tandis que d'autres prônent l'exploitation de vastes étendues de sorte que, au fil de l'exploitation et de la régénération de chaque parterre de coupe, les animaux disposeront toujours d'une étendue ininterrompue d'habitats appropriés (Van Tighem, 1990). De nombreuses questions de ce genre restent encore en suspens. Ce n'est que grâce au redoublement des efforts de recherche que nous pourrons mieux saisir les grands principes de la conservation d'écosystèmes forestiers en santé et de leurs espèces.

Lorsqu'une coupe à blanc est envisagée, il faut tenir compte des facteurs écologiques propres à la station et des caractéristiques des essences que l'on se propose d'y replanter. Des facteurs comme le degré de tolérance de l'ombre, le vent, l'humidité et l'influence de la chaleur, les perspectives de compétition végétale et les besoins de la faune peuvent rendre une forme quelconque d'écrémage ou de coupe progressive préférable à une coupe à blanc, tant sur le plan écologique qu'économique, afin d'assurer la pérennité de la forêt.

L'exploitation par arbres entiers et l'équilibre nutritif

L'exploitation forestière élimine inévitablement certains éléments nutritifs des stations forestières. Toutefois, la plupart des éléments nutritifs des arbres se trouvent dans le feuillage, les ramilles et les fines racines qui restent généralement sur le terrain après l'abattage. Lorsque le sol dispose de 50 à 80 ans pour se reconstituer entre les opérations de coupe à blanc, la perte des éléments nutritifs du tronc ne semble pas très nuisible pour la productivité des terrains forestiers. Toutefois, les techniques d'exploitation plus récentes prévoient des âges de rotation plus rapprochés. De plus, la machinerie moderne, comme les abatteuses-empileuses, rend plus économique l'extraction de l'arbre entier, y compris les branches et les feuilles riches en éléments nutritifs. Lors de l'exploitation par arbres entiers, les arbres ne sont pas ébranchés et écimés dans le carreau de coupe, mais débusqués jusqu'à un dépôt transitoire déboisé où les branches sont alors enlevées.

On prend de plus en plus conscience que cette méthode d'exploitation peut entraîner des pertes importantes d'éléments nutritifs. Dans certaines stations des États-Unis et de l'est du Canada, l'élimination d'éléments nutritifs comme le phosphore, le potassium, le calcium et l'azote était de 200 à 400 % plus élevée avec cette méthode qu'avec la coupe à blanc traditionnelle (Freedman, 1981). Maser (1990*b*) souligne que ce type d'exploitation se traduira par une diminution de la productivité forestière et finira par nuire aux efforts de développement durable.

Les impacts de l'exploitation forestière sur la faune

En l'absence d'incendies de forêt, l'exploitation forestière a le pouvoir d'engendrer une diversité d'habitats, mais elle peut aussi détruire rapidement des habitats sauvages précieux qui ont pris de nombreuses années à se former. La forêt, de par sa nature variée, offre des habitats à une grande diversité d'espèces fauniques. Chacune d'elles, pour satisfaire ses besoins fondamentaux de nourriture, d'abri, de couvert et de reproduction, a ses propres exigences et préférences en matière d'essences forestières et d'espèces végétales, de stade de succession et de composition du couvert forestier. Il est particulièrement important que les espèces non migratrices et non hibernantes jouissent de conditions appropriées dans leurs quartiers d'hiver. L'exploitation forestière a donc un impact positif sur la faune puisqu'elle a tendance à favoriser certaines espèces qui préfèrent les conditions propres aux lisières et aux stades de succession précoces, mais aussi un impact négatif puisqu'elle engendre des problèmes pour des espèces comme le caribou des bois et la martre, qui sont tributaires des conditions régnant dans les vieilles forêts. Sur la côte Ouest, des études révèlent que la chouette tachetée et l'alque marbrée sont tributaires des forêts mûres. Les oiseaux migrateurs qui hivernent dans les forêts ombrophiles tropicales en voie de disparition rapide et qui se reproduisent dans les forêts canadiennes sont particulièrement menacés. Les pressions exercées sur la faune débordent la région exploitée et ne prennent pas toujours la forme d'une perte d'habitat : ainsi, la construction de chemins forestiers peut être dangereuse pour la faune parce qu'elle rend de nouveaux territoires accessibles aux chasseurs, aux pêcheurs et à d'autres visiteurs.

Les conflits foresterie–faune deviennent des considérations intégrantes des premiers stades de planification de la plupart des opérations forestières. Certaines pratiques sylvicoles, comme le maintien de rideaux riverains, l'aménagement de corridors pour la faune, la protection d'aires vitales pour une espèce donnée et la conservation de chicots, peuvent contribuer à atténuer l'impact de l'exploitation forestière sur l'ensemble des espèces fauniques. À mesure que les arbres moribonds offrant des cavités de nidification se font rares, les nichoirs deviennent plus importants. La notion de coupe partielle de Franklin (1990), y compris la conservation de débris de coupe, vise également l'amélioration de la diversité de l'habitat et la réduction de l'impact sur les espèces tributaires de la vieille forêt. La planification des opérations d'exploitation à un moment approprié dans les régions critiques peut également aider à éviter les conflits entre l'extraction de bois et la faune.

L'érosion

Nos méthodes contemporaines d'exploitation forestière peuvent entraîner de graves problèmes d'érosion si elles ne sont pas planifiées adéquatement. Jusqu'au début des années 1950, le bois était coupé en hiver, débusqué jusqu'aux rivières à l'aide de chevaux et flotté au printemps. Protégé par la neige pendant les opérations d'exploitation, le sol n'était pas endommagé, mais les rivières l'étaient. De nos jours, la machinerie lourde ainsi que les routes d'accès et les chemins de débusquage mal planifiés, mal construits et peu entretenus ont causé l'érosion du sol. Là où l'érosion est provoquée par les opérations d'exploitation forestière, Freedman (1982) affirme que 37 % de celle-ci est liée aux routes, 55 % au débusquage et 8 %, à l'entreposage (dépôt transitoire). Les gouvernements et l'industrie ont élaboré des directives environnementales et des critères de conception afin de minimiser l'érosion. Les directives et la réglementation touchant la récolte du bois sont énoncées sur les licences et permis. De plus, les gouvernements ont mis en place des règlements qui [illegible]nt des zones tampons d'arbres en bordure des cours d'eau et des lacs et la non-intervention (ou le respect de règlements stricts d'exploitation) sur les versants abrupts. La nouvelle machinerie d'exploitation forestière, qui tasse moins le sol, permet également de minimiser les problèmes d'érosion.

ENCADRÉ 10.2

Le peuple Haida et les forêts anciennes de l'île Moresby, en Colombie-Britannique

La nouvelle réserve de parc national Moresby-Sud/Gwaii Haanas, constituée récemment dans le sud des îles de la Reine-Charlotte, a été créée dans un secteur dont l'exploitation est interdite grâce aux efforts concertés du peuple Haida, qui occupe cette région depuis 10 000 ans. Ce secteur de vieille forêt ombrophile tempérée renferme certains des plus gros spécimens d'épinette de Sitka, de pruche occidentale et de thuya géant du monde et abrite 39 espèces ou sous-espèces endémiques de plantes, d'animaux, de poissons et d'insectes. Ninstints, un village Haida abandonné où l'on trouve le plus grand nombre de totems encore sur pied dans leur cadre naturel et culturel, a été déclaré site du patrimoine mondial. Le cas de Moresby-Sud/Gwaii Haanas (qui signifie « île de merveilles et de beauté ») met en relief la vaste gamme des valeurs attribuées à la forêt.

Les vieilles forêts

L'âge et la composition des vieilles forêts varient selon l'emplacement. Les valeurs écologiques, patrimoniales et culturelles des vieilles forêts (arbres ou peuplements considérés comme ayant dépassé leur stade de maturité) et leur importance sur le plan de la biodiversité (voir l'encadré 10.2) sont au cœur des préoccupations en matière de conservation des vieilles forêts. Le public s'est surtout préoccupé des forêts ombrophiles tempérées de la côte Ouest. Toutefois, la forêt boréale abrite également des peuplements anciens. Les grumes mortes supportent un nombre incroyable d'espèces, dont des champignons, des araignées, des coléoptères et des mille-pattes.

Des études écologiques récentes (Franklin, 1989) ont montré que l'écologie des vieilles forêts est extrêmement complexe et englobe une incroyable diversité d'espèces invertébrées, surtout des insectes, qui sont des prédateurs ou des parasites d'autres insectes. Beaucoup de plantes et d'animaux particuliers semblent dépendre en grande partie de ces écosystèmes.

Certains des peuplements âgés actuels renferment des arbres de dimensions impressionnantes, l'âge de certains peuplements de la côte Ouest atteignant 1 000 ans. D'après Franklin (1989, 1990), les peuplements de douglas taxifoliés mettent 200 ans à atteindre le stade auquel de telles conditions apparaissent. Maser (1990*b*) souligne que le tiers de la vie utile de ces géants de nos forêts se déroule après leur mort, lorsqu'ils deviennent des chicots et (ou) des grumes jonchant le sol. La figure 10.4 illustre certaines des fonctions écologiques d'un arbre mort en décomposition dans la vieille forêt.

Les vieilles forêts de la côte Ouest sont prisées par les exploitants forestiers en raison des dimensions et du volume des arbres sur pied et, par conséquent, des emplois que ces forêts offrent. Par contre, des groupes écologiques soutiennent qu'il est important de conserver ces écosystèmes âgés, notamment ceux en bordure de la côte de la Colombie-Britannique.

Il existe également d'autres vieilles forêts au Canada. Mentionnons la région de Temagami, au centre de l'Ontario, où l'on trouve toujours quelques vastes peuplements de pins blancs et de pins rouges anciens qui, au début du siècle, étaient considérés comme formant la meilleure pinède du centre du Canada (Hodgins et Benidickson, 1989). Certains experts soutiennent que c'est la récolte du pin blanc qui nous a donné la force économique nécessaire

FIGURE 10.4

Fonctions écologiques d'un tronc d'arbre mort en décomposition, forêt côtière de la Colombie-Britannique

Les grumes mortes supportent un nombre incroyable d'espèces, dont des champignons, des araignées, des coléoptères et des mille-pattes.

Source : Findley, 1990.

pour regrouper les provinces en une confédération (Aird, 1985). Quinby (1990) définit les critères auxquels doit satisfaire un peuplement de la forêt de pins blancs de la région de Temagami pour entrer dans la catégorie dite de « vieille forêt » : il doit avoir plus de 140 ans, comporter un nombre déterminé de grumes et de chicots et avoir subi un minimum de perturbations humaines.

La coupe à blanc des vieilles forêts entraîne un bouleversement radical des écosystèmes peu perturbés jusque-là. Les terres où elles poussent sont reconnues pour leur productivité; toutefois, la durée prévue de la prochaine rotation (50–80 ans) signifie que l'écosystème des vieilles forêts ne reviendra pas. Franklin (1989, 1990) propose, par exemple, le recours à un système de récolte partielle dans les forêts côtières de douglas taxifoliés, ce qui contribuerait au rétablissement plus rapide de la diversité écologique ainsi qu'au maintien de l'habitat des espèces fauniques vivant dans les vieilles forêts.

Le renouvellement des forêts

Les activités de renouvellement

Au début du siècle, tous supposaient que les forêts exploitées se régénéreraient naturellement. C'est ce qui s'est produit dans la plupart des cas, sauf que les arbres ou les arbustes n'avaient souvent pas de valeur commerciale. Au début des années 1900, des efforts ont été déployés pour tenter de repeupler des régions qui avaient été récoltées ou ravagées par les incendies et qui, par la suite, n'avaient pas réussi à se régénérer en essences à valeur commerciale; toutefois, en 1925, le taux de succès était très faible.

Après la Deuxième Guerre mondiale, les activités de régénération artificielle ont augmenté et, en 1965, les superficies plantées et ensemencées directement atteignaient 59 940 ha/an (Cayford et Bickerstaff, 1968). De 1975 à 1988, une moyenne de 211 000 ha ont été reboisés chaque année, tandis que d'autres stations étaient ensemencées directement ou se régénéraient naturellement. En 1988, plus de 730 millions de semis ont été plantés sur environ 413 000 ha, une superficie équivalente aux quatre cinquièmes de l'île du Prince-Édouard. Les programmes de plantation les plus importants se sont déroulés en Ontario, en Colombie-Britannique et au Québec (tableau 10.4). Les essences le plus couramment plantées étaient l'épinette blanche (35 %), l'épinette noire (19 %) et le pin gris (13 %) (Forêts Canada, 1990*a*).

Les semis plantés ne survivent pas tous. De 1983 à 1986, les taux moyens de réussite des plantations d'épinettes et de pins étaient respectivement de 65,1 % et 79,8 %. Pendant cette période, les taux de réussite des opérations d'ensemencement direct et de régénération naturelle dans les parterres de coupe rase étaient respectivement de 59,2 % et de 53,9 %. Compte tenu de ces pertes, la plantation, l'ensemencement direct et la régénération naturelle de 1977 à 1988 ont permis de reboiser adéquatement environ 67,7 % des 10,6 millions d'hectares récoltés pendant ces 10 années (Forêts Canada, 1990*a*).

À l'heure actuelle, on estime que plus de 80 % des forêts coupées à blanc se régénèrent rapidement par voie naturelle ou artificielle, une augmentation de 22 % par rapport au début des années 1970. On évalue à environ 200 000 ha la différence entre la superficie récoltée et celle régénérée rapidement en essences d'intérêt commercial en 1988 (figure 10.5). Cet écart ne tient pas compte des pertes attribuables à des causes naturelles comme les incendies, les insectes et la maladie, qui ravagent chaque année des superficies supérieures à celles exploitées. La plupart de ces superficies se régénèrent avec le temps, suivant le cours naturel de la succession et se transformant en une forêt productive d'intérêt commercial. Les superficies qui ne se sont pas

encore régénérées sont considérées comme des forêts productives capables de supporter des écosystèmes forestiers en santé, même si elles ne sont pas peuplées d'arbres recherchés par les compagnies forestières.

Règle générale, le taux de régénération est relativement lent au Canada à cause du climat froid. La plus grande région forestière, la forêt boréale, renferme la majeure partie de la fibre ligneuse, mais les arbres de cette région ne croissent pas rapidement. Ainsi, les forêts nordiques et les forêts tempérées produisent respectivement près de 4,2 et 6,6 t anhydres de bois par hectare et par année, comparativement à 7,58 et 7,34 t anhydres de bois par hectare et par année dans les forêts tropicales et les forêts subtropicales respectivement (Jordan, 1979; Timmins, 1981). Néanmoins, au Canada, les techniques sylvicoles comme la culture de peupliers hybrides et de l'aulne rouge dans des sols de bonne qualité peuvent accroître énormément le rendement en fibre ligneuse, bien que ce type d'aménagement soit plus coûteux (Carlisle et Chatarpaul, 1984) et que, à grande échelle, il entraînerait des modifications radicales des procédés actuels de fabrication de la pâte, de l'infrastructure des usines et du matériel de transport. Une gestion plus intensive pourrait accroître la production de bois. Les pays scandinaves, par exemple, pratiquent depuis des siècles l'aménagement forestier intensif, à l'instar d'autres pays européens. De nos jours, les fermes forestières de Suède et de Finlande produisent deux ou trois fois plus de bois par hectare de terrain productif que toute province de l'est du Canada. Toutefois, on trouve très peu de forêt naturelle en Scandinavie.

Au Canada, les gouvernements et l'industrie se sont engagés à renouveler les forêts récoltées. Cette responsabilité peut incomber aux gouvernements provinciaux ou, comme il est maintenant plus courant, être confiée à l'industrie forestière. Le renouvellement des forêts est l'un des plus grands défis que le Canada devra relever au cours des années à venir.

TABLEAU 10.4

Préparation du terrain, plantation, semis et soins culturaux, 1984–1986 à 1988

En 1988, l'industrie et les gouvernements ont planté plus de 730 millions de semis, pour la plupart d'épinette blanche, d'épinette noire et de pin gris, sur plus de 413 000 ha. Ce nombre atteint maintenant le milliard.

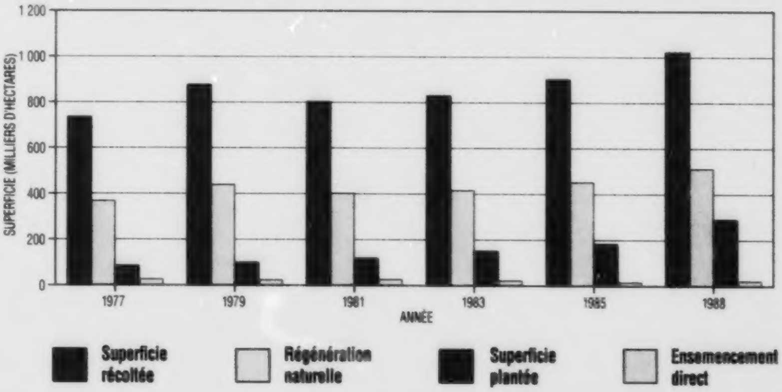
	Moyenne de 1984–1986	1986	1987	1988
Préparation du terrain (ha)	316 896	396 616	478 875	450 590
Plantation				
- superficie (ha)	266 830	299 518	370 245	413 291
- nombre de semis (milliers)	466 735	540 857	656 468	731 332
Ensemencement direct (ha)	28 629	25 954	37 318	37 726
Soins culturaux (ha)	217 063	245 531	275 487	269 309

Plantation en 1988	Superficie (ha)	Semis (milliers)
Canada	413 291	731 332
Provinces de l'Atlantique	35 803	87 538
Québec	99 055	226 200
Ontario	81 025	171 579
Provinces des Prairies	32 548	51 234
Colombie-Britannique	164 860	194 781

Source : Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990.

FIGURE 10.5

Superficie récoltée et superficie en voie de régénération, 1977–1988



Source : Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990.

La préparation du terrain

Depuis 1980–1981, le pourcentage des superficies récoltées ayant fait l'objet, par la suite, d'une forme quelconque de préparation en vue de la plantation ou de l'ensemencement a augmenté régulièrement. Le scarifiage, c'est-à-dire l'ameublissement mécanique de la couverture morte à l'aide de chaînes tirées par un tracteur, par exemple, continue d'être la méthode la plus utilisée (62 % des 450 000 ha préparés en 1988), suivie du brûlage dirigé (18 %), de l'épandage d'herbicides (3 %) et d'une variété de traitements mécaniques comme la fragmentation, le labourage et l'andainage (les branches sont mises en tas ou andains).

Le scarifiage sert à favoriser la croissance des semis des essences commerciales recherchées. Les 450 000 ha de « terrains préparés » en 1988 représentaient près du double de la superficie moyenne traitée chaque année entre 1975 et 1988 (Forêts Canada, 1990*b*). Le scarifiage permet un apport accru d'oxygène dans le sol et modifie l'activité des organismes du sol, l'acidité du sol, la capacité de rétention d'eau, la température du sol et l'équilibre nutritif.

Les brûlages dirigés servent à favoriser la régénération d'arbres comme le pin gris et à éliminer les mauvaises herbes et les débris de coupe. Cette pratique peut nuire aux populations fauniques.

Les plantations

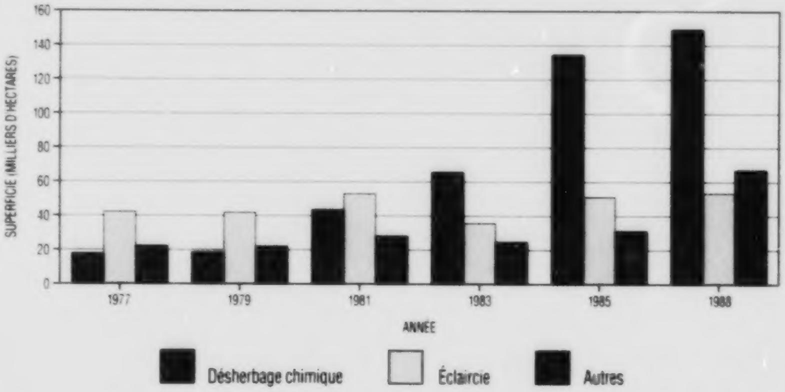
Bien que la superficie des terrains forestiers régénérés annuellement par des moyens artificiels ait augmenté ces dernières années au Canada, elle représente moins de 0,5% des terrains forestiers du pays. Dans les peuplements recevant des soins culturaux intensifs, les arbres prennent beaucoup moins de temps à atteindre la maturité qu'en forêt naturelle; toutefois, une croissance rapide des arbres et une récolte en bas âge peuvent entraîner des problèmes de qualité du bois (Senft et collab., 1985). Les préoccupations environnementales soulevées par la foresterie de plantation ont trait à la résistance moindre aux insectes et aux maladies, particulièrement dans les vastes monocultures, et à l'augmentation éventuelle de l'utilisation d'herbicides, d'insecticides et d'engrais.

La diminution de la diversité spécifique dans les régions où des plantations comportant un moins grand nombre d'essences remplacent les forêts autrefois hétérogènes, a des répercussions sur la faune et peut éventuellement réduire le capital génétique. Environ 50 % de la superficie récoltée chaque année se régénère naturellement. On a de plus en plus recours à cette forme de régénération afin de réduire les coûts d'exploitation et de maintenir la diversité à l'intérieur des peuplements.

FIGURE 10.6

Soins culturaux, 1977–1988

Chaque année, un faible pourcentage des terrains forestiers productifs est éclairci, désherbé et fertilisé. La plus grande partie du désherbage se fait à l'aide d'herbicides chimiques. La catégorie « autres » comprend essentiellement le désherbage manuel et mécanique et certaines activités plus réduites de fertilisation, d'élagage et de drainage.



Source : Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990.

Les soins culturaux et les produits chimiques

Une plus grande attention a été apportée aux soins culturaux et à la protection des arbres en voie de régénération à l'aide d'engrais, d'herbicides et d'insecticides. La figure 10.6 montre le recours accru au désherbage chimique observé entre 1977 et 1988. Elle n'englobe pas l'utilisation d'insecticides. Il est à noter que seulement 2 % de tous les pesticides utilisés au Canada le sont en forêt.

Le désherbage chimique

Le désherbage des forêts, destiné à réduire la concurrence exercée par les feuillus, permet aux conifères plantés, ensemencés ou issus de la régénération naturelle d'atteindre plus rapidement ce que les forestiers appellent le stade de « croissance libre ». Le désherbage peut être fait à l'aide de machines, à la main ou à l'aide d'herbicides chimiques dont l'utilisation est rigoureusement réglementée par la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Les deux premières méthodes de désherbage sont longues, donc coûteuses (jusqu'à 2 000 $/ha). De 1975 à 1986, on a traité 523 565 ha de forêt à l'aide d'herbicides (Kuhnke, 1989). Trois herbicides, soit le 2,4-D, le glyphosphate et l'hexazinone, sont homologués pour usage en forêt au Canada; le glyphosphate est utilisé dans la plupart des provinces. Ces trois herbicides attaquent des plantes non-cibles. Lorsque d'importants habitats fauniques se trouvent à proximité des superficies à traiter, il est impératif de ne pas utiliser ces herbicides, car ils peuvent détruire la végétation qui sert de nourriture et d'abri aux animaux sauvages et aux oiseaux. Le 2,4-D n'est pas très rémanent et il est relativement non toxique. Le glyphosphate se dégrade rapidement et il est non toxique pour les animaux terrestres, bien qu'il contamine un large spectre de plantes vasculaires. L'hexazinone a tendance à se propager à partir des stations traitées; par conséquent, Agriculture Canada a demandé aux fabricants de surveiller les effets de l'hexazinone sur la végétation située à l'extérieur des stations.

Lorsqu'ils sont dans l'impossibilité d'avoir recours aux autres méthodes disponibles, les aménagistes utilisent des herbicides à une ou deux reprises pendant le cycle évolut` `de la forêt de conifères en croissance. La réglementation précise la méthode de pulvérisation, les conditions météorologiques au moment du traitement et la nécessité de prévoir des zones tampons en périphérie des écosystèmes sensibles. Les herbicides, à l'instar de tous les autres pesticides, sont approuvés pour usage en forêt après

TABLEAU 10.5

Superficie des forêts traitées annuellement à l'aide de pesticides, 1975–1976 à 1985–1986

La superficie des forêts traitées annuellement à l'aide de pesticides varie énormément d'une province ou d'un territoire à l'autre et dans le temps, en raison des cycles évolutifs des organismes cibles.

Province ou territoire	Superficie traitée (ha)											
	1975–1976	1976–1977	1977–1978	1978–1979	1979–1980	1980–1981	1981–1982	1982–1983	1983–1984	1984–1985	1985–1986	Total
C.-B.[a]	1 785	2 667	2 384	2 908	2 287	1 564	3 830	0	2 374	3 948	3 488	27 235
Alberta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0[b]
Sask.	0	0	0	0	0	0	0	0	12	434	0	446
Manitoba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	428	760	1 188
Ontario	14 167	41 060	10 522	4 085	22 072	36 422[c]	22 477	28 685	43 770	47 280	10 339	280 879
Québec	(2 800 000)[d]	(2 900 000)	(1 400 000)	(1 200 000)	(600 000)	188 511	705 164	1 298 495	1 253 605	712 282	698 343	13 756 400
N.-B.	2 695 000	3 881 000	1 682 000	1 554 000	1 598 000	1 900 000	1 693 000	1 867 570	1 245 000	732 000	545 000	19 392 570
N.-É.	0	0	556	25 670	30 752	25 670	31 195	19 153	20 726	20 537	49 719	223 978
Î.-P.-É.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T.-N.	0	0	76 910	376 600	0	0	0	0	0	0	145 086	598 596
Yukon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T. N.-O.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canada	**5 510 952**	**6 824 727**	**3 172 372**	**3 163 263**	**2 253 111**	**2 152 167**	**2 455 666**	**3 213 903**	**2 565 487**	**1 516 909**	**1 452 735**	**34 281 292**

[a] Principalement la répression du faux-gui, des traitements phytosanitaires et des pulvérisations de *B.t.* contre la tordeuse occidentale de l'épinette entrepris en 1983–1984.

[b] N'inclut pas le programme de lutte entrepris en 1979 contre le dendroctone du pin ponderosa sur une superficie de 32 000 ha.

[c] Tous les chiffres de 1980–1981 à 1985–1986 incluent les traitements insecticides et herbicides.

[d] Les chiffres entre parenthèses sont des estimations.

Source : Kuhnke, 1989.

que des essais aient été effectués et qu'Agriculture Canada ait soupesé les risques probables du produit pour l'environnement et la santé par rapport aux avantages escomptés. Les produits jugés aptes à être homologués par Agriculture Canada sont enregistrés en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* et leur utilisation doit être approuvée par les autorités provinciales. Leur utilisation est surveillée par plusieurs ministères fédéraux, mais non pas d'une façon systématique, ainsi que par les organismes provinciaux compétents.

Les insecticides chimiques et les agents de lutte biologiques

Les insecticides sont utilisés dans les forêts canadiennes, notamment dans l'Est, où ils servent à protéger les peuplements sur pied contre les ravageurs. Cinq produits chimiques sont homologués pour usage en forêt : l'acéphate, l'aminocarbe, le fénitrothion, le trichlorfon et le carbaryl; trois agents de lutte biologiques sont également homologués : le *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*), le virus de la polyédrose nucléaire du diprion de LeConte et le virus de la polyédrose nucléaire de la chenille à houppes du douglas. Les insectes cibles sont la tordeuse des bourgeons de l'épinette, la tordeuse occidentale de l'épinette, la tordeuse du pin gris, la spongieuse et l'arpenteuse de la pruche. Le *B.t.*, qui est inoffensif pour les humains et la plupart des espèces fauniques, est utilisé dans 60 % des cas d'emploi de pesticides pour réprimer les insectes forestiers. Cet insecticide est relativement spécifique, mais il attaque les larves de certains papillons de jour et papillons de nuit, et non pas uniquement celles des ravageurs cibles.

Près de 1,6 million d'hectares de forêt, situés pour la plupart en Ontario et au Nouveau-Brunswick (1,3 million d'hectares), ont été traités à l'aide d'insecticides en 1987; ce chiffre varie toutefois énormément d'une année à l'autre en raison de la présence cyclique de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. La recherche effectuée dans ce domaine vise surtout à trouver de nouvelles façons de réprimer les insectes ravageurs à l'aide d'agents biologiques afin de minimiser l'utilisation de produits chimiques toxiques. Le tableau 10.5 présente les superficies traitées contre des ravageurs forestiers dans toutes les provinces et les territoires de 1975–1976 à 1985–1986.

Ces pesticides, tout comme les herbicides, suscitent toujours beaucoup de préoccupations chez le public et les corps politiques quant à leurs effets sur la santé humaine, la faune et la dynamique de la forêt. Ils nuisent à la faune et à la dynamique de la forêt en ce sens que les insectes cibles sont partie intégrante de la faune forestière et qu'ils servent de nourriture à d'autres espèces.

Le fénitrothion est l'un des pesticides les plus étudiés, mais ses effets nuisibles sont toujours source d'incertitudes et donnent lieu à des divergences d'opinion. L'utilisation du fénitrothion a été liée à des diminutions des populations d'abeilles domestiques et d'abeilles sauvages; ces diminutions entraînent une perturbation de la reproduction des plantes (Ernst et collab., 1989). Il est

[illegible] 10.3

Les audiences publiques au Québec

Au milieu des années 1980, le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a tenu des audiences publiques pour étudier les effets des insecticides chimiques sur la santé, en particulier du fénitrothion utilisé lors d'épandages aériens à une grande échelle. Le public s'est opposé à l'utilisation de pesticides et a accusé le gouvernement de négliger la planification à long terme en matière d'aménagement forestier et de répression et de surveillance des populations d'insectes. À l'issue de ces audiences, le gouvernement a imposé un moratoire sur les pulvérisations aériennes d'insecticides chimiques en forêt. Seule l'utilisation du *B.t.* était acceptée dans des « situations d'urgence ».

Le Québec a tenu de nouvelles audiences publiques en 1990 et d'autres en 1991 afin d'examiner les risques pour la santé et l'environnement et de justifier l'utilisation à grande échelle de pesticides en forêt. Le public a été invité à faire connaître ses commentaires sur un document intitulé *Un projet de stratégie : Aménager pour mieux protéger les forêts*, qui a été préparé par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec en collaboration avec l'industrie forestière et le ministère de l'Environnement du Québec; ce document préconise une forte réduction de l'utilisation des biocides et la mise au point de solutions de rechange fondées sur une meilleure compréhension de la dynamique des forêts.

impossible de déterminer si les populations d'oiseaux forestiers diminuent en raison des pulvérisations de fénitrothion, car les méthodes de dénombrement sont actuellement inadéquates, mais une mortalité sporadique des oiseaux chanteurs les plus sensibles et les plus vulnérables a été observée dans les stations traitées. De plus, des études révèlent qu'une forte proportion d'oiseaux dans ces zones présentent une inhibition marquée de l'acétylcholinestérase dans le cerveau. Cette enzyme est nécessaire à la transmission de l'influx nerveux. Des diminutions, même temporaires, du taux d'enzyme ont été associées à des troubles de comportement et à l'échec de la reproduction dans des forêts traitées avec le double de la dose normale de fénitrothion. Une diminution des populations d'oiseaux forestiers insectivores pourrait entraîner des augmentations d'insectes et exiger un plus grand nombre d'interventions humaines afin de protéger les forêts. On n'a pas recueilli de preuves suffisantes quant à l'effet du fénitrothion sur les invertébrés aquatiques.

Les chercheurs n'ont pu prouver qu'une exposition au fénitrothion pendant un usage normal avait des effets sur la santé humaine (Ecobichon, 1990).

L'utilisation du fénitrothion fait l'objet d'un examen spécial qui devrait être terminé en 1993, date à laquelle Agriculture Canada décidera ou non de maintenir son homologation. Le public (voir l'encadré 10.3), y compris des groupes écologiques, s'oppose vivement à l'utilisation de tous les pesticides chimiques, en particulier par voie d'épandage aérien.

La lutte intégrée contre les ravageurs

La lutte intégrée contre les ravageurs fait appel à des méthodes de lutte biologiques et à des traitements sylvicoles plutôt qu'à des produits chimiques ou en plus de ces derniers lorsqu'ils sont jugés essentiels à des fins de protection. Les provinces imposant de plus en plus de moratoires sur l'utilisation des insecticides chimiques, le *B.t.* devient rapidement la seule solution de rechange utilisable.

Le public souhaite que l'utilisation des herbicides et des insecticides soit fortement réduite. Les solutions de rechange doivent être fondées sur une meilleure compréhension du milieu forestier et de la dynamique des populations de ravageurs, sur la détection précoce et exacte et la surveillance des ravageurs ainsi que sur un meilleur aménagement des forêts.

LA POLLUTION DE L'EAU ET DE L'AIR CAUSÉE PAR LA TRANSFORMATION DU BOIS

Au Canada, l'économie forestière repose sur plus de 140 usines de pâtes et papiers, près de 1 100 scieries et usines de rabotage et plus de 100 usines de placage, de contreplaqué et de panneaux de particules (Forêts Canada, 1990*b*). De plus, l'industrie des pâtes et papiers de l'Alberta et du Manitoba devrait connaître une expansion majeure. Dans ces derniers cas, des préoccupations environnementales ont entraîné l'exécution d'études d'évaluation des incidences environnementales et (ou) la tenue d'audiences publiques avant la construction des usines. Les usines en service exercent divers impacts sur l'environnement.

La pollution de l'eau

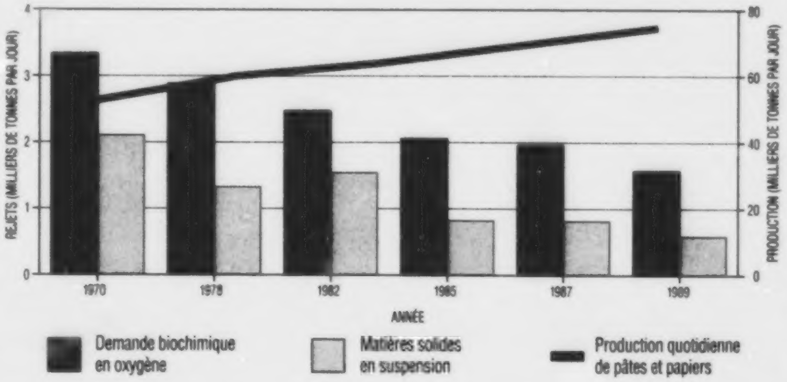
L'industrie des pâtes et papiers rejette dans les lacs, les cours d'eau et en milieu marin des déchets qui contiennent, outre des produits chimiques utilisés lors de la fabrication et du blanchiment de la pâte, des matières solides comme des fibres ligneuses. L'impact des rejets des usines de pâte sur le milieu aquatique varie selon la qualité de l'effluent, l'emplacement du rejet par rapport aux ressources vivantes, la méthode d'élimination (rejet en surface ou conduite submergée) et la sensibilité de l'habitat. Les problèmes de modification du pH et de formation de mousse sont davantage associés aux rejets en eau douce qu'en mer, cette dernière ayant une plus grande capacité tampon naturelle.

L'élimination de matières solides en milieu aquatique est préoccupante. En 1988, les usines de pâtes et papiers du Canada ont rejeté quotidiennement près de 600 t (600 000 kg) de déchets de bois dans l'eau (figure 10.7). Ces matières solides en suspension ont

FIGURE 10.7

Effluents des usines de pâtes et papiers, 1970–1989

Les déchets de bois solides (matières solides en suspension) rejetés dans l'eau par les usines de pâtes et papiers détruisent l'habitat et étouffent les organismes benthiques. Les effluents de ces usines réduisent également les teneurs en oxygène dissous des eaux réceptrices, de sorte que les poissons et les autres organismes disposent d'une moins grande quantité d'oxygène. Sur le plan des rejets de matières solides totales en suspension et de la demande biochimique en oxygène, la tendance à la baisse depuis les 30 dernières années s'est stabilisée en 1985. Cette diminution s'est accomplie malgré l'augmentation de la production quotidienne de pâtes et papiers.



Source : Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers.

tendance à se déposer sur le fond, étouffant les organismes qui y vivent et détruisant les habitats.

Les effluents des usines ont également réduit la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, élément essentiel à la survie de la plupart des organismes aquatiques. En septembre 1985, les teneurs en oxygène dissous de certains sites de la Colombie-Britannique étaient considérées comme suffisamment faibles pour faire obstacle à la migration du saumon. Des teneurs normales en oxygène commencent à réapparaître dans ces endroits au fil des modifications apportées aux procédés de fabrication des usines et de l'introduction de techniques de dépollution (Porpoise Harbour, près de Prince-Rupert, est un cas typique). En 1988, dans l'ensemble du Canada, les effluents des usines ont entraîné une demande biochimique en oxygène (DBO) d'environ 1 900 t (1,9 million de kilogrammes). Les préoccupations à l'égard de la DBO persistent dans plusieurs usines de pâtes, même si des améliorations ont été apportées au traitement et à l'élimination des effluents. Une révision de la réglementation imposera de nouvelles réductions de la DBO, des matières solides en suspension et de la toxicité.

Les produits chimiques présents dans les effluents industriels peuvent, en raison de leur toxicité, représenter à la fois une nuisance sur le plan esthétique, notamment des odeurs désagréables ou un changement de couleur, et une menace pour le biote. La coloration des eaux des rivières est attribuable à la présence de lignine, un produit chimique naturel qui assure la cohésion des matériaux ligneux. Lors de la fabrication de la pâte, la lignine est éliminée et une certaine quantité est rejetée dans l'eau. Les usines plus anciennes (pâte kraft blanchie) rejettent environ 260 kg de lignine par tonne de pâte produite. De plus, le blanchiment de la pâte au chlore, un procédé utilisé dans la plupart des usines de pâtes et papiers du Canada, entraîne la formation de substances nocives qui, une fois rejetées dans une rivière, un lac ou l'océan, peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Parmi les sous-produits les plus rémanents et les plus toxiques du procédé de fabrication de la pâte kraft blanchie, mentionnons certains isomères des dioxines et des furanes (p. ex., la 2,3,7,8-TCDD). Depuis qu'il est interdit d'utiliser les copeaux de bois contaminés au chlorophénate comme charge d'alimentation dans les usines de pâte, la quantité de dioxines et de furanes pénétrant dans l'environnement a considérablement diminué (voir l'encadré 10.4).

En 1988, Environnement Canada, Pêches et Océans Canada ainsi que Santé et Bien-être social Canada ont entrepris des programmes d'échantillonnage conjointement avec les études en cours du Service canadien de la faune sur les contaminants présents chez les oiseaux piscivores. Les teneurs en dioxines et furanes relevées chez les poissons et les crustacés et coquillages près de certaines usines de pâte utilisant le blanchiment au chlore étaient suffisamment élevées pour présenter des risques pour la santé humaine en cas de consommation régulière de ces espèces. Par conséquent, la pêche au crabe et à la crevette a été interdite dans des secteurs situés près de deux usines du détroit de Howe, en Colombie-Britannique. La pêche au crabe a également été interdite près de l'usine de Prince-Rupert.

Les usines de pâte thermo-chimico-mécanique, qui sont plus récentes et plus efficaces que les usines de pâte kraft blanchie, utilisent du sulfite de sodium, de l'hydroxyde de sodium et du peroxyde d'hydrogène qui donnent un effluent nécessitant un traitement primaire et secondaire pour réduire la quantité de matières organiques et autres solides en suspension. Ces usines rejettent environ 45 kg de lignine par tonne de pâte produite.

Les chercheurs s'efforcent de mettre au point des techniques qui produisent moins de polluants, voire aucun. L'Institut de recherches sur les pâtes et papiers du Canada a proposé des stratégies qui, dans des conditions d'exploitation en usine, permettront de réduire la formation de dioxines et de furanes à des teneurs indétectables. Parmi les techniques les plus récentes, mentionnons une délignification prolongée et une délignification à l'oxygène, et le remplacement du chlore élémen-

ENCADRÉ 10.4

L'utilisation de chlorophénates dans les scieries et sur les sites d'entreposage du bois en Colombie-Britannique

Pour pouvoir offrir aux acheteurs étrangers un bois sans anomalie, les exploitants de scieries et de sites d'entreposage de la Colombie-Britannique traitent le bois fraîchement coupé afin d'empêcher l'apparition de moisissures et la coloration de l'aubier. Malheureusement, le pentachlorophénate et le tétrachlorophénate, les fongicides anticoloration le plus couramment utilisés de la fin des années 1940 jusqu'en 1990, ont des effets dommageables sur l'environnement.

Les chlorophénates pénètrent dans l'environnement de plusieurs façons. Les voies les plus directes sont les déversements accidentels dans des cours d'eau et des eaux côtières et les rejets chroniques (provenant de l'eau de pluie qui tombe sur le bois traité dans les cours d'entreposage et qui entraîne par lessivage les produits chimiques du bois jusque dans les égouts pluviaux), lesquels se produisent dans des conditions normales d'exploitation.

Une voie plus indirecte, qui fait actuellement l'objet d'une réglementation fédérale et provinciale, était la vente de copeaux et de chutes de bois contaminés par des chlorophénates aux usines de pâtes. La présence de dioxines à cinq ou six atomes de chlore chez des poissons, des crabes piscivores et des coquillages et crustacés près des usines de pâtes et papiers kraft blanchis a incité les chercheurs à soupçonner que les agents anticoloration contenus dans les déchets de scieries utilisés comme charge d'alimentation étaient la source de la contamination. Après avoir admis que les déchets de bois contaminés étaient une source possible des dioxines et des furanes présents dans l'environnement, les exploitants des usines de pâtes ont cessé de les utiliser. Cette mesure volontaire a été renforcée par une réglementation fédérale interdisant l'utilisation de déchets de bois contaminés par des chlorophénates comme charge d'alimentation des usines de pâtes.

Les chlorophénates, ou sels de sodium hydrosolubles des chlorophénols, sont extrêmement toxiques pour la vie aquatique. Une fois dans la chaîne alimentaire, ils présentent des risques pour de nombreux autres organismes, y compris les humains, parce que les dioxines et les furanes sont présents sous forme de microcontaminants dans toutes les formulations de chlorophénates. (Cela signifie que les dioxines et les furanes sont produits par inadvertance en de très petites quantités pendant le procédé de fabrication.)

La Colombie-Britannique est au premier plan de la question des agents anticoloration puisqu'une quantité très importante de son bois d'œuvre est exportée et a besoin d'une protection à long terme. Le tableau 10.E1 montre la diminution du nombre des scieries de la Colombie-Britannique utilisant des chlorophénates entre 1988 et 1990 à mesure que les liens entre les chlorophénates et les concentrations de dioxines dans les sédiments et le biote des eaux réceptrices situées près des usines de bois ont été rendus publics. La Colombie-Britannique a adopté une réglementation sur le traitement des déchets de tous les produits chimiques anticoloration en août 1990. Le nombre des usines utilisant des agents anticoloration a diminué, mais le volume total de produits chimiques anticoloration utilisés peut ne pas avoir diminué en raison des volumes accrus de bois d'œuvre exportés. Le tableau ne tient pas compte de l'utilisation des chlorophénates sur les quais et dans d'autres cours de traitement et d'entreposage.

Le 18 juillet 1990, Agriculture Canada annonçait que l'utilisation de chlorophénates comme agent anticoloration ne serait plus homologuée à compter du 31 décembre 1990. Les produits de rechange, soit le 2-(thiocyanométhylthio)benzothiazole (TCMTB) et le cuivre-8 (Cu-8), ne contiennent ni dioxine ni furane mais ils sont deux fois plus toxiques que les chlorophénates pour les poissons. L'Ecobrite et les extraits d'essence de cèdre ne contiennent ni dioxine ni furane et sont moins toxiques que les chlorophénates pour les poissons.

Plusieurs nouveaux fongicides ont été homologués sous condition, et aucun d'eux n'est entièrement inoffensif pour l'environnement. Les usines qui cessent d'utiliser les chlorophénates peuvent encore être la source de quelques déversements pendant la période de transition simplement parce qu'elles possèdent toujours des barils de produits chimiques sur leur terrain. Le pentachlorophénol est encore utilisé par l'industrie de préservation des pièces de bois lourdes pour le traitement des traverses de chemin de fer, des pilotis et des poteaux.

taire par du dioxyde de chlore dans le but de réduire la production de composés orgochlorés très toxiques. Une nouvelle usine de pâte thermo-chimico-mécanique située à Meadow Lake, Saskatchewan, se propose d'installer un système en circuit fermé qui séparera les polluants de l'eau avant le rejet de l'effluent. Les polluants concentrés pourront éventuellement être traités par l'industrie ou, au moins, détruits partiellement par incinération.

La pollution atmosphérique

La combustion des déchets des scieries, comme l'écorce, les branches et la sciure de bois, peut altérer la qualité de l'air. Un nombre croissant de scieries prévoient brûler des déchets de bois dans le cadre de procédés de cogénération [électricité et (ou) vapeur d'eau sous pression pour l'usine et le séchoir]. Les usines de pâtes qui exploitent des systèmes en circuit fermé et ne rejettent pas de polluants dans l'eau peuvent incinérer les boues concentrées.

TABLEAU 10.[illegible]

Nombre d'usines utilisant des produits chimiques anticoloration en Colombie-Britannique

Agent anticoloration	Janvier 1988	Février 1989	Novembre 1989	Août 1990
Chlorophénates	73	20	5-7	0
TCMTB	13	19	19	22
Cuivre-8	2	18	23	26
Ecobrite	0	11	15	18
Extrait d'essence de cèdre	1	0	0	0
Total	**89**	**68**	**66**	**66**

LA PÉRENNITÉ DES FORÊTS

Les forêts du Canada continueront-elles d'exister et d'offrir indéfiniment aux générations à venir des avantages matériels, environnementaux et sociaux? Assurer la pérennité des forêts ne consiste pas uniquement à équilibrer la récolte et le volume de matériel sur pied ou à cultiver la forêt à l'intention des marchés canadiens et internationaux. Les valeurs spirituelles et culturelles de la forêt sont importantes pour bon nombre de personnes. Il faut assurer la pérennité de la biosphère de notre planète et de ses écosystèmes forestiers.

La foresterie au Canada est en pleine évolution, tout comme la méthode utilisée pour planifier la gestion des forêts. Auparavant, pérennité signifiait pérennité de l'approvisionnement en bois. Les indicateurs utilisés étaient l'équilibre entre l'exploitation forestière et le matériel sur pied en croissance d'une part, et la répartition des classes d'âge d'autre part: en effet, pour que l'approvisionnement des usines soit régulier, il faut qu'un nombre suffisant d'arbres atteignent l'âge d'exploitabilité chaque année. On élabore maintenant de nouveaux indicateurs reflétant une vision élargie de la forêt et incorporant la valeur commerciale et les autres fonctions de la forêt.

De nos jours, grâce à l'accent mis sur la gestion des écosystèmes forestiers et non plus uniquement sur la gestion du bois, la pérennité des forêts dépasse largement le simple contexte du rendement soutenu. Les enjeux et les conflits deviennent également beaucoup plus complexes. Les gouvernements examinent actuellement des moyens de gestion durable de l'écosystème ainsi que de l'économie.

Les provinces possèdent 80 % des terrains forestiers productifs et sont responsables des richesses naturelles. Depuis le milieu des années 1980, la plupart d'entre elles ont révisé leurs politiques, programmes et règlements. Ces changements visent à assurer la régénération des forêts du Canada et l'intégration des préoccupations touchant les forêts aux préoccupations du public à l'égard de la faune et autres ressources et des valeurs culturelles.

Forêts Canada, qui a été créé en vertu de la *Loi sur le ministère des Forêts* de 1990, a pour mission de « promouvoir le développement durable et la compétitivité du secteur canadien des forêts pour le mieux-être des Canadiens d'aujourd'hui et des générations à venir ». Ce ministère a instauré un important programme en vertu du Plan vert du Canada afin de promouvoir le développement durable des forêts du Canada. Ce nouveau programme permettra d'augmenter la base de données sur les forêts, d'intensifier les efforts de recherche et d'établir un ensemble de modèles de développement durable en matière de foresterie.

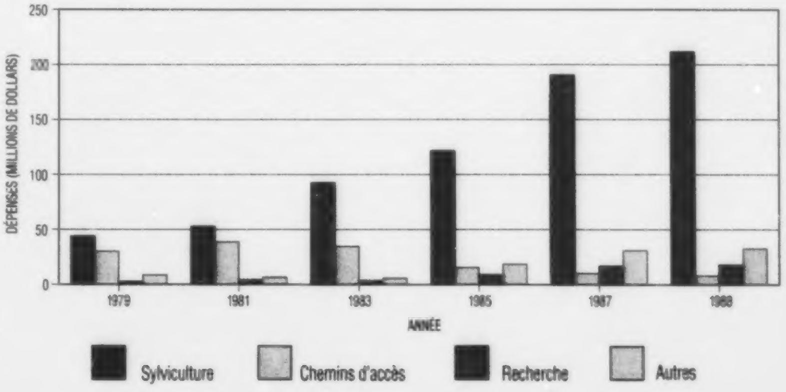
En 1987, les ministres fédéral et provinciaux des Forêts ont préparé une Stratégie nationale pour le secteur forestier canadien. Cette stratégie, fondée sur la contribution d'une vaste gamme d'intervenants et du public, tracera l'orientation à suivre pour parvenir au développement durable des forêts du Canada. La figure 10.8 montre les dépenses fédérales et provinciales engagées en vertu des ententes forestières de 1979 à 1988.

Certaines questions du développement durable ne se limitent pas aux forêts et à la foresterie. Pruitt (1989) a avancé que, en raison de la possibilité d'un change-

FIGURE 10.8

Dépenses en vertu des ententes en matière de foresterie, 1979–1988

Dépenses fédérales et provinciales dans les domaines de la sylviculture, des routes, de la recherche, du développement de nouveaux produits et des marchés, de même que de la protection contre les incendies et les ravageurs, en vertu des ententes en matière de foresterie, 1979–1988.



Source : Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990.

ENCADRÉ 10.5

Le recyclage du papier

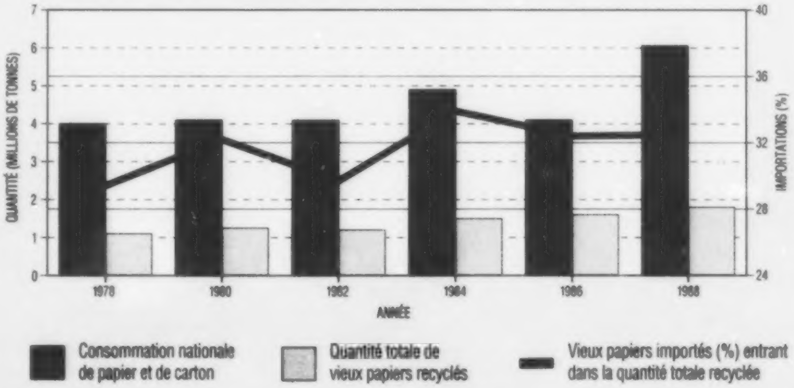
Jusqu'ici, rien ne prouve que le recyclage du papier réduit la quantité d'arbres récoltés, mais il accroît probablement l'approvisionnement. Toutefois, cette méthode a certainement le pouvoir de préserver des arbres : une tonne de papier recyclé donne l'équivalent en produits de papier de 17 à 30 arbres.

Certaines usines de papier du Canada recyclent des vieux papiers depuis plus de 60 ans. À l'heure actuelle, 48 des 110 usines de papiers et de cartons du Canada utilisent les vieux papiers pour répondre, en totalité ou en partie, à leurs besoins en fibres. En 1989, ces usines ont consommé environ 1,86 million de tonnes de vieux papiers. Cette année-là, les usines canadiennes ont produit au total 16,6 millions de tonnes de produits de papier et de carton, dont plus des deux tiers ont été exportés, ainsi que 8,2 millions de tonnes additionnelles de pâte de bois. La majorité des usines canadiennes qui recyclent des vieux papiers sont situées près des centres urbains où d'énormes quantités de papier de rebut sont produits. Malgré tout, près du tiers (554 000 t) de la quantité totale de vieux papiers actuellement recyclés est importé, principalement des États-Unis. La figure 10.E1 montre la quantité de papier utilisée et la quantité recyclée au Canada de 1978 à 1988.

À l'heure actuelle, le Canada compte six usines de désencrage. En raison de la demande croissante de papier contenant des fibres recyclées, notamment le papier journal, un certain nombre de compagnies ont annoncé l'agrandissement de leurs installations actuelles de désencrage et la construction de nouvelles usines à cette fin. Les sauces de couchage et les encres ne peuvent pas toutes être éliminées des fibres ligneuses à un coût raisonnable et le désencrage n'est pas inoffensif pour l'environnement. Les effluents du procédé de désencrage sont toxiques pour les poissons et doivent être traités avant d'être rejetés dans les eaux réceptrices. Les boues qui proviennent du traitement des eaux résiduaires peuvent contenir des composés dangereux provenant de certaines encres à imprimer et des agents chimiques utilisés lors du désencrage.

FIGURE 10.E1

Le recyclage du papier, 1978–1988



Source : Données inédites de l'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers.

ment climatique majeur, il pourrait être plus important de garder la forêt boréale en croissance en tant que puits de carbone plutôt que de l'exploiter pour ses produits forestiers. La perpétuation de la culture des peuples autochtones dont la subsistance dépend de la chasse et de la pêche pratiquées dans des forêts qui ne sont pas protégées contre la mise en valeur des ressources, y compris les ressources forestières, est une autre question qui va au-delà de la foresterie.

La demande sur le marché de produits forestiers canadiens est et restera forte. Par ailleurs, le désir du public de protéger les écosystèmes forestiers et de combattre la pollution se reflète par sa participation à des programmes de recyclage et son utilisation accrue de papier recyclé (voir l'encadré 10.5). L'attachement profond du public aux forêts du Canada et l'intérêt de la population face à leur gestion continueront de contribuer à la santé et au développement durable des forêts du Canada pour les générations à venir.

OUVRAGES CITÉS

Addison, P.A. 1988. *Threats to a healthy forest by air pollution and climate change*. SAF Conservation, Rochester, New York.

Aird, P.L. 1985. *Éloge du pin : l'exploitation du pin blanc et du pin rouge dans les forêts publiques de l'Ontario*. Rapport d'information PI-X-52F, Service canadien des forêts, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario).

Armson, K.A. 1989. Pages 3–17 dans : *People and Forests: conflict and consensus*. E.B. Eddy Distinguished Lecture Series, October 1989. Faculté de foresterie, Université de Toronto..

Blais, J.R. 1965. « Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentides Park, Quebec. » *Forest Science*, 11 : 130–138.

Bormann, F.H., et G.E. Likens. 1979. *Pattern and process in a forested ecosystem*. Springer-Verlag, New York.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. « La chouette tachetée. » Pages 44–46 dans : *La nature aux abois : Les espèces menacées de disparition au Canada*. Rapport sur l'état de

l'environnement n° 89-2, Éditions Broquet Inc., LaPrairie (Québec), en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada.

Carlisle, A., et L. Chartapaul. 1984. *Foresterie intensive : quelques préoccupations socio-économiques et écologiques*. Rapport d'information PI-X-43F, Service canadien des forêts, Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario).

Cayford, J.H., et A. Bickerstaff. 1968. *Forêts artificielles du Canada*. Publication n° 1240F de la Direction générale des forêts, Ministère des Pêches et des Forêts, Ottawa (Ontario).

Ecobichon, D. 1990. « Chemical management of forest pest epidemics: A case study. » *Biomedical and Environmental Sciences*, 3 : 217–239.

Environnement Canada. 1988. *Changement climatique causé par le CO_2 en Ontario : interdépendances et stratégies en matière de ressources*. Sommaire du changement climatique (SCC) 88-09, Bureau des programmes de météorologie, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Ernst, W.R., P.A. Pearce et T.L. Pollock (réd.). 1989. *Environmental effects of fenitrothion use in forestry: Impacts on insect pollinators, songbirds and aquatic organisms*. Conservation et Protection, Environnement Canada, région de l'Atlantique. Mars 1989.

Findley, R. 1990. « Will we save our own? » *National Geographic*, 178(3): 106–136.

Forêts Canada. 1990*a*. *Regard sur la foresterie*. Direction générale de l'économie et des statistiques, Forêts Canada, Ottawa.

Forêts Canada. 1990*b*. *Recueil de statistiques forestières 1990*. Rapport d'information E-X-44F, Direction générale de l'économie et des statistiques, Forêts Canada, Ottawa.

Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. 1990. *Statistiques sur l'aménagement forestier au Canada, 1977–1988.* Centre de foresterie du Nord, Forêts Canada, Edmonton (Alberta).

Franklin, J.F. 1989. « Toward a new forestry. » *American Forests*, 95 : 37–44.

Franklin, J.F. 1990. *The contribution of old growth to the new forestry*. Forest Industry Lecture Series, 24, mai 1990. Département de sciences forestières, Université de l'Alberta, Edmonton.

Freedman, B. 1981. *Intensive forest harvest — a review of nutrient budget considerations*. Rapport d'information M-X-121, Centre de recherches forestières des Maritimes, Fredericton (Nouveau-Brunswick).

Freedman, B. 1982. *An overview of the environmental impacts of forestry, with particular reference to the Atlantic Provinces*. Institute of Resource and Environmental Studies et Département de biologie, Université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse).

Haddon, B.D. 1988. *Terminologie de l'inventaire des forêts du Canada*. Service canadien des forêts, Ottawa.

Harrington, J.B. 1987. « Climate change: a review of causes. » *Canadian Journal of Forest Research*, 17(11) : 1313–1339.

Hodgins, B.W., et J. Benedickson. 1989. *The Temagami experience: recreation, resources and aboriginal rights in the Northern Ontario wilderness*. University of Toronto Press, Toronto (Ontario).

Jordan, C.F. 1979. « The environmental consequences of intensive forestry and the removal of whole trees from forests: the situation in Latin America. » Pages 141–148 dans : *Proceedings of Man and the Biosphere International Workshop on Biological and Sociological Basis for Rational Use of Forests for Energy and Organics*. Michigan State University, 1979.

Koroleff, A.M. 1951. *Stability as a factor in efficient forest management*. Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers, Montréal.

Kuhnke, D.H. 1989. *Statistiques sylvicoles canadiennes. Résumé couvrant une période de 11 ans*. Rapport d'information NOR-X-301F, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta).

Magasi, L.P. 1988. *Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides : Guide pour l'établissement et la surveillance des parcelles*. Rapport d'information DPC-X-25F, Service canadien des forêts, Ottawa.

Maini, J.S., et A. Carlisle (réd.). 1974. *La conservation au Canada : aperçu général*. Publication n° 1340F, Service canadien des forêts, Environnement Canada, Ottawa.

Martineau, R. 1984. *Insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada*. Éditions Broquet Inc., LaPrairie (Québec), conjointement avec le Service canadien des forêts d'Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada.

Maser, C. 1990*a*. « The forest is a living trust. » Pages 7–14 dans : Carrow, R.D. (réd.). *Old-Growth Forests: What are they? How do they work?* Canadian Scholar's Press Inc., Toronto.

Maser, C. 1990*b*. *The redesigned forest*. Stoddart, Toronto.

Murphy, P.J. 1985. *Methods for evaluating the effects of forest fire management in Alberta*. Thèse de doctorat, Université de la Colombie-Britannique.

Pharand, N. 1988. *Les collectivités canadiennes dont l'économie repose sur le secteur forestier : Un profil démographique*. Rapport d'information DPC-X-23F, Direction du développement du marché du travail, Service canadien des forêts, Ottawa.

Pruitt, W.O. 1989. « Address at the Northern Science award presentation, 9 novembre 1989. » *Canadian Field-Naturalist*, 103(4) : 606–609.

Quinby, P.A. 1990. *Preliminary definitions of white and red pine forest in central Ontario*. Wilderness Series Research Report No. 6, Temagami Wilderness Fund, Toronto.

Rizzo, B., et E. Wiken. 1990. *Assessing the sensitivity of Canada's ecosystems to climatic change*. Document présenté originellement à la European Conference on Landscape-Ecological Impacts of Climate Change, Lunteren, Pays-Bas. Environnement Canada, Ottawa.

Rowe, J.S. 1972. *Les régions forestières du Canada*. Publication 1300F, Service canadien des forêts, Environnement Canada, Ottawa.

Runyon, K.L. 1991. *L'approvisionnement en bois au Canada : Situation actuelle et perspectives*. Rapport d'information E-X-45E, Forêts Canada, Ottawa.

Senft, J.F., B.A. Bendtsen et W.L. Galligan. 1985. « Weak wood: Fast-grown trees make problem lumber. » *Journal of Forestry*, 83(8) : 476–484.

Swift, J. 1983. *Cut and run: The assault on Canada's forests*. Between the Lines, Toronto.

Timmins, V. 1981. *Impact of intensive harvesting on forest nutrient budgets in the Nipigon area*. Faculté de foresterie, Université de Toronto.

Van Tighem, K. 1990. « Grey ghosts. » *Nature Canada*, 19(4): 22-27.

Van Wagner, E.E. 1978. « Age-class distribution and the forest fire cycle. » *Canadian Journal of Forest Research*, 8: 220–227.

Wheaton, E.E., et J.P. Thorpe. 1989. *Changing climatic resources for the western Canadian boreal forest*. Publication n° E-906-14-D-89, Saskatchewan Research Council, Saskatoon (Saskatchewan).

Wheaton, E.E., T. Singh, R. Dempster, K.O. Higginbotham, J.P.Thorpe, G.C.VanKooten et J.S.Taylor. 1987. *Exploration et évaluation de l'incidence du changement climatique sur la forêt boréale et l'économie forestière des provinces des Prairies et des Territoires du Nord-Ouest: première phase*. Publication n° E-906-36-B-87, Saskatchewan Research Council, Saskatoon (Saskatchewan).

Wylynko, D. 1991. « State of the industry. » *Nature Canada*, 20(1): 26–34.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Publications gouvernementales

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Forêts Canada. 1990. *Forêts Canada se prépare à l'avenir: Notre plan stratégique.* Affaires publiques et corporatives, Ottawa.

Forêts Canada. 1990. *L'état des forêts au Canada: Rapport au Parlement, 1990.*

Hosie, R.C. 1969. *Arbres indigènes du Canada.* Édité par les Éditions Fides conjointement avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnement et Services Canada, 8ᵉ éd., 1980.

Institut canadien du film. 1985. *Répertoire des multi-médias en foresterie.* Service canadien des forêts, Ottawa.

Service canadien des forêts. Sans date. *Catalogue des publications de teneur générale en foresterie.* Direction des communications, Ottawa. Tél.: (819) 994-1879.

Swift, J. 1985. *Cut and run: The assault on Canada's forests.* Transcription de la Société Radio-Canada, C.P.500, Station A, Toronto (Ontario) M5W 1E6. (Prépaiement de 10$).

Weetman, G.F. 1983. « Méthodes de foresterie et contraintes exercées sur les terres forestières canadiennes. » Pages 279–325 dans: . Dossier nº 6, Environnement Canada, Ottawa.

Livres

Kimmins, J.P. 1987. *Forest ecology.* MacMillan Publishing Company, New York.

Lavender, D.P. (réd.). 1990. *Regenerating British Columbia's forests.* University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique).

Mackay, D. 1985. *Heritage lost: The crisis in Canada's forests.* MacMillan, Toronto (Ontario).

Articles de revues

Schmidt, J. 1989. « Manitoba burning. » *Equinox*, 8(6): 63–72.

Films

Office national du film. 1989. *Trouble in the forest.*

REMERCIEMENTS

La version initiale de ce chapitre a été préparée sous contrat par Alan J. Carlisle (Deep River, Ontario). Son rapport constitue la base même du chapitre. Des révisions et des ajouts ont été apportés en fonction des commentaires et suggestions reçus pendant le processus de révision.

Forêts Canada a revu les différentes versions du chapitre et apporté des commentaires. Harry Hirvonen, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a également intégré des commentaires et des révisions émanant d'un groupe de réviseurs et a enrichi le texte et les illustrations du chapitre. De plus, Susan Burns, Service canadien de la faune (Ottawa), a rassemblé de la matière et l'a intégrée au texte afin d'améliorer des parties du chapitre.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont également apporté des données complémentaires permettant d'améliorer le texte : Gilles Frisque, Université du Québec (Québec), Peter Murphy, Université de l'Alberta (Edmonton) et Peter Quinby, Canadian Parks and Wilderness Society (Toronto).

Harry Hirvonen, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns.

11

GRACIEUSETÉ D'I.B. MARSHALL, NEPEAN

POINTS SAILLANTS

Le Canada est l'un des plus grands exportateurs de minéraux du monde : 80 % de la production intérieure est exportée. Les recettes des exportations de l'industrie minière s'établissaient à 18 milliards de dollars en 1990.

■

La contamination du milieu aquatique résultant du lessivage des métaux contenus dans les résidus miniers et les stériles constitue l'une des plus graves préoccupations environnementales liées à l'exploitation minière. Chaque année, environ 650 millions de tonnes de déchets s'ajoutent aux milliards de tonnes de résidus provenant de l'extraction et du traitement des minéraux.

■

L'écoulement minier acide et son rôle dans le lessivage des métaux sont, pour l'environnement, l'un des plus graves problèmes associés à l'accumulation des déchets miniers. Les résidus de plus de 100 sites produisent déjà ou pourraient produire des acides. Les compagnies doivent traiter les résidus, les stériles et les effluents sur les chantiers d'exploitation et les sites abandonnés qu'elles possèdent pour prévenir ou réduire la production d'eaux acides.

■

Si l'on prend pour mesure le nombre de mois au cours desquels elles ont respecté les niveaux prescrits, les 48 mines régies par le Règlement fédéral sur les effluents liquides des mines de métaux ont respecté les limites de rejet 84 % du temps en 1986 et environ 88 % du temps en 1990.

■

Le secteur minier canadien est la principale source de dioxyde de soufre, l'un des principaux agents à l'origine des dépôts acides. Cependant, la part de ce secteur dans les émissions nationales totales est passée de 60 % en 1970 à 50 % en 1985, et devrait atteindre environ 37 % après 1994, lorsque les rejets cibles fixés par la Stratégie canadienne de lutte contre le dioxyde de soufre auront été atteints.

■

La remise en état des sites miniers abandonnés demeure un des grands problèmes à long terme en raison du nombre de sites, du coût élevé des travaux et de l'absence de solutions techniques.

■

Environ 50 % du fer, 55 % du plomb et 40 % du cuivre produits au Canada proviennent de matériaux recyclés. Le recyclage des métaux a généré plus de 2 milliards de dollars en 1989.

■

Malgré l'absence d'informations conséquentes, l'impact des opérations actuelles d'extraction et de traitement semble être bien géré sur les sites actifs grâce aux méthodes de traitement et d'élimination en place.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 11-4

Le secteur des minéraux et des métaux au Canada 11-4
L'importance économique 11-4
Les procédés d'extraction 11-5

Les impacts du secteur des minéraux et des métaux sur l'environnement 11-8
La détermination des questions environnementales prioritaires 11-8
La pollution de l'eau 11-8
Les métaux 11-9
Les sources et les effets 11-9
Le traitement et la réglementation 11-9
Le cyanure 11-10
L'écoulement acide des résidus et des stériles 11-10
L'ampleur du problème 11-11
Les stratégies antipollution 11-12
L'écoulement minier salin 11-13
Les radionucléides 11-14
La pollution atmosphérique 11-15
Le dioxyde de soufre 11-15
Les métaux 11-16
Les poussières provenant des résidus miniers 11-17
Les sites miniers abandonnés 11-18
Les impacts environnementaux 11-18
Les mesures gouvernementales 11-20
L'utilisation des terres et de l'eau 11-20

Vers un équilibre durable 11-21
La remise en état des sites miniers 11-21
Les mines de charbon 11-21
Les mines de métaux 11-22
Les matériaux de construction : puits d'extraction et carrières 11-22
L'avenir 11-22
L'intégration de l'utilisation des terres 11-23
Les changements technologiques 11-23
Le changement des attitudes 11-24

Conclusions 11-25

Ouvrages cités 11-26

Pour de plus amples renseignements 11-28

Remerciements 11-28

Liste des encadrés

11.1 Quelques statistiques économiques sur l'industrie minière dans l'économie canadienne, 1990 11-6
11.2 Les sulfosels : à la recherche d'une solution 11-13
11.3 Le règlement fédéral et les lignes directrices sur les effluents liquides des mines de métaux 11-15
11.4 Les programmes de remise en état des terres : le cas de l'Alberta 11-21
11.5 Le recyclage des métaux : la voie vers un développement durable 11-24

Liste des figures

11.1 Les principales régions minières du Canada, 1990 11-5
11.2 Fonderies et affineries de métaux non ferreux, 1990 11-7
11.3 Zones d'écoulement minier acide au Canada 11-10
11.4 Production de métal et émissions de dioxyde de soufre du secteur des fonderies de métaux non ferreux dans l'est du Canada, 1970–1987 11-16
11.5 Émissions de métaux lourds au Canada 11-18

Liste des tableaux

11.1 Établissements miniers en production au Canada, janvier 1990 11-6
11.2 Quelques effets toxiques de certains métaux sur les animaux et les plantes, et recommandations en matière de qualité des eaux pour la protection de la vie aquatique 11-9
11.3 Quantité estimative de stériles et de résidus sulfurés pouvant causer un écoulement minier acide au Canada 11-11
11.4 Émissions et prévisions de dioxyde de soufre par les industries des métaux de première fusion de l'est du Canada 11-16
11.5 Émissions de dioxyde de soufre par kilotonne de métal produit dans des fonderies choisies de l'est du Canada 11-17
11.6 Superficie des terres perturbées, utilisées et aliénées par l'extraction minière avant 1982 11-21
11.7 Exemples de superficies de terres perturbées et remises en état entre 1982 et 1989 11-22

« La croissance économique à long terme dépend d'un milieu sain, et un [illegible] sain nécessite une [illegible] permanente contre le développement excessif. Toute activité industrielle (y compris l'agriculture) a certains effets sur la biosphère; quelle que soit l'industrie, il faut donc se demander quel degré de modification est acceptable pour l'environnement. L'exploitation minière ne fait pas exception à cette règle. »

Northern Miner, [illegible]

INTRODUCTION

L'extraction des minéraux et des métaux et leur incorporation dans les produits de consommation sont des industries anciennes. Nous avons pu passer de la fabrication d'outils de pierre à la fabrication d'automobiles et d'ordinateurs grâce à nos talents de prospecteurs, de métallurgistes et d'artisans.

L'émergence du Canada comme producteur mondial de minéraux et de métaux est relativement récente, bien que les minéraux et les métaux soient extraits depuis le début de la colonisation et qu'ils aient toujours constitué une partie importante des vastes réserves de ressources naturelles qui ont rendu le Canada prospère. De nos jours, l'extraction se fait dans toutes les provinces et dans les deux territoires.

Malheureusement, le rôle important que l'extraction, la fusion et l'affinage des minéraux et des métaux ont joué dans le développement économique du Canada a également laissé en héritage une multitude de problèmes de pollution. Le présent chapitre porte sur les questions environnementales les plus graves et montre comment les politiques et les programmes canadiens s'attaquent à ces préoccupations. Il cerne les domaines dans lesquels nos connaissances fondamentales sont insuffisantes pour résoudre les problèmes et décrit les nouvelles techniques et les changements d'attitude susceptibles d'améliorer le caractère durable de l'extraction et du traitement tout en protégeant l'environnement.

LE SECTEUR DES MINÉRAUX ET DES MÉTAUX AU CANADA

Plus de 60 minéraux et métaux sont extraits, traités et affinés au Canada, et beaucoup d'autres sont utilisés dans le secteur manufacturier, la construction et d'autres secteurs de l'économie (figure 11.1). L'aluminium, le cuivre, le gravier, le calcaire et le ciment font partie de notre vie quotidienne; les matériaux comme le palladium et le bismuth nous sont moins connus mais ils sont essentiels à une société de haute technologie.

En 1990, il y avait plus de 500 mines actives au Canada (tableau 11.1), dont plus de la moitié étaient des sites d'extraction de grands volumes de matériaux de construction (p. ex., le ciment, le sable, le gravier et la pierre concassée). Bien que les mines ferment et rouvrent fréquemment en fonction de facteurs économiques et autres, leur nombre au Canada n'a pas beaucoup changé au cours des cinq dernières années.

L'importance économique

Les industries de l'extraction, du broyage, de la fusion et de l'affinage jouent un rôle de premier plan dans l'économie canadienne, fournissant des matières premières, des produits d'exportation et des emplois. Même si nous utilisons des produits minéraux et métalliques dans tous les aspects de notre vie quotidienne, nous ne sommes pas toujours conscients de la contribution réelle de ce secteur au développement régional, à la balance des paiements, aux emplois et au secteur des transports (voir l'encadré 11.1). En 1990, la production canadienne de minéraux et de métaux (à l'exclusion de la production de pétrole et de gaz, traitée au chapitre 12) se chiffrait à 19,7 milliards de dollars, soit 4,5 % du produit intérieur brut (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*a*). Les métaux comme le nickel, le zinc, le cuivre, l'or et le fer constituaient 60,6 % de ce total. La contribution des minéraux liés à la production d'énergie (p. ex., le charbon et l'uranium) s'élevait à 13,9 %, celle des minéraux utilisés dans la construction, à 13,4 %, et celle des autres non-métaux (p. ex., la potasse, le soufre, le sel et l'amiante), à 12,1 %.

L'exploitation minière peut dominer l'économie locale. En 1986, les activités minières ont contribué directement et de façon significative aux économies locales de 115 collectivités canadiennes, d'une population totale

FIGURE 11.1

Les principales régions minières du Canada, 1990

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*c*.

d'environ un million de personnes. À certains endroits, jusqu'à 80 % de la population active était employée dans le secteur (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*a*).

Les procédés d'extraction

Toutes les roches sont composées de minéraux. Cependant, lorsqu'on découvre une concentration de minéral justifiant l'exploitation commerciale, on parle alors de minerai. Les minerais contiennent souvent plusieurs minéraux ou métaux d'intérêt commercial. Par exemple, on récupère parfois de faibles quantités d'or durant le traitement de métaux communs comme le cuivre et le zinc. D'autres minéraux dont la variété ou la quantité est sans intérêt commercial sont généralement rejetés avec les stériles.

La production de métaux ou de minéraux comprend plusieurs étapes, depuis la prospection et l'exploration jusqu'à l'extraction, au concassage, à la fusion et à l'affinage.

L'exploration minérale se fait partout au Canada. En 1990, on a enregistré des concessions minières couvrant une

TABLEAU 11.1

Établissements miniers en production au Canada, janvier 1990[a]

Groupe des minéraux	T.-N.	N.-É.	N.-B.	Qué.	Ont.	Man.	Sask.	Alb.	C.-B.	Yukon	T.N.-O.	Total
Métaux	4	2	3	32	35	4	3	–	18	3	6	110
Non-métaux[b]												
Amiante	1	–	–	2	–	–	–	–	1	–	–	4
Potasse	–	–	2	–	–	–	10	–	–	–	–	12
Tous les autres	4	8	14	39	15	3	8	4	3	–	–	98
Matériaux de construction[c]	6	11	8	108	92	11	2	20	19	–	–	277
Matériaux liés à la production d'énergie												
Uranium	–	–	–	–	2	–	3	–	–	–	–	5
Charbon	–	3	1	–	–	–	5	11	8	–	–	28
Total	**15**	**24**	**28**	**181**	**144**	**18**	**31**	**35**	**49**	**3**	**6**	**534**

[a] L'Île-du-Prince-Édouard ne compte qu'un nombre limité de petites sablières, gravières et carrières.

[b] Des milliers d'autres exploitations produisent du sable, du gravier et de la pierre. Bien d'autres entreprises qui exploitent des sablières, des gravières et des carrières de pierre (notamment les municipalités et les compagnies de construction) font partie d'autres classifications industrielles et ne sont pas comprises dans ce tableau.

[c] Y compris 55 exploitations de tourbe : 33 au Québec, 14 au Nouveau-Brunswick et 8 dans les six autres provinces.

Source : R. Dunn, Division des statistiques des minéraux et des métaux, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle.

ENCADRÉ 11.1

Quelques statistiques économiques sur l'industrie minière dans l'économie canadienne, 1990

- Le Canada est l'un des principaux exportateurs mondiaux de minéraux; il exporte 80 % de sa production, dont 65 % aux États-Unis.
- En termes de volume, le Canada est le premier producteur mondial d'uranium et de zinc, et le deuxième pour le nickel, l'amiante, le gypse, la potasse et le titane. Il se classe parmi les cinq premiers producteurs pour l'or, le cuivre, le plomb et plusieurs autres métaux.
- Les recettes d'exportation provenant de l'extraction, de la fusion et de l'affinage des minéraux et des métaux étaient de 18 milliards de dollars en 1990 (12,8 % des exportations canadiennes). Avec les produits métalliques ouvrés, ces recettes s'élèvent à 25 milliards de dollars (17,8 % des exportations canadiennes).
- Le cuivre, le nickel, le plomb, le zinc, l'or et le fer représentaient 93 % de la valeur de la production canadienne de métaux en 1990.
- L'industrie assure plus de 150 000 emplois directs et 237 500 emplois indirects dans les installations de transformation des métaux qui sont tributaires des minéraux.
- Ce secteur est l'un des principaux utilisateurs des réseaux de transport canadiens. En 1989, le transport des produits minéraux bruts et ouvrés représentait 59 % des recettes du transport ferroviaire en vrac au Canada et 67 % des marchandises chargées dans les ports canadiens.

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*a*, 1990*b*, 1991*a*, 1991*b*.

superficie totale de 4 997 490 ha (à l'exclusion des concessions houillères) (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*c*). Bien que certaines activités exploratoires (p. ex., profils sismiques, forages et tranchées) puissent être menées sur des millions d'hectares de terres faisant l'objet de divers baux miniers et concessions minières, seule une fraction de ces terres sera effectivement exploitée. Les activités exploratoires sont généralement sporadiques et de courte durée et, à l'exception de perturbations occasionnelles visibles du relief, elles causent généralement peu de dommages à long terme à l'environnement.

Il s'écoule en moyenne six à huit ans entre la découverte d'un gisement minier et le démarrage de la production commerciale. L'étape du développement marque le début d'importantes perturbations du site, notamment la construction des routes et des bâtiments, le creusage des puits et l'enlèvement de la couche végétale et du sol pour aménager un chantier. Ces changements peuvent être à très long terme, ou même permanents, selon l'importance du projet, les caractéristiques minérales et les méthodes d'extraction utilisées.

La façon dont le minéral ou le métal se présente détermine le mode d'exploitation, le coût d'extraction et la quantité

de résidus produits au cours des procédés d'extraction, de séparation et de concentration. Dans le cas du sable et du gravier, il y a très peu de rejets. Dans d'autres cas cependant, il faut extraire et rejeter d'énormes quantités de roches et de minerais pour obtenir une quantité relativement faible de minéral ou de métal. Par exemple, un minerai d'une teneur type en cuivre de 2 % donne 20 kg de métal pur par tonne de minerai traitée.

Au cours de l'extraction, la mine est considérée comme étant en production. Une fois le minerai extrait, il est broyé et concentré. Ces opérations rejettent les matières qui sont à la source de certains des impacts environnementaux les plus importants de l'exploitation minière.

Plusieurs minéraux non métalliques et matériaux de construction (p. ex., le sable, le calcaire et le gravier) ne nécessitent qu'un traitement de base avant d'être transportés et utilisés. D'autres minéraux non métalliques (p. ex., l'amiante, le talc et la potasse) doivent faire l'objet d'un traitement plus élaboré avant d'être utilisés ou exportés, et les métaux, qui constituent plus de la moitié de la production minière au Canada, doivent faire l'objet de fusion ou d'affinage à des températures élevées ou par des procédés chimiques (voir la figure 11.2 pour l'emplacement des principales fonderies et affineries au Canada). Ces procédés peuvent rejeter des gaz et des matières particulaires dans l'air à moins que ces substances soient récupérées à l'aide de dispositifs de dépollution. Les produits de cette étape prennent souvent diverses formes (p. ex., lingots, barres, tiges, feuilles, etc.) avant la fabrication de produits finis.

Lorsque le minerai est épuisé et que la mine est fermée, il faut s'assurer que les matières rejetées sont adéquatement contenues et continuent d'être surveillées. Les moyens utilisés sont fonction de l'emplacement et du type de mine. Lorsqu'une mine est fermée de façon définitive, la loi exige généralement que le site soit nettoyé et, lorsqu'il y a lieu, remis en état en vue d'autres utilisations.

FIGURE 11.2

Fonderies et affineries de métaux non ferreux, 1990

1. **Kitimat** : lingots et alliages d'aluminium
2. **Houston** : dimolybde d'ammonium, trioxyde de molybdène
3. **Endako** : trioxyde de molybdène
4. **McLeese Lake** : cathodes de cuivre
5. **Port Coquitlam** : poudres métalliques et carbures de tungstène, titane, niobium (colombium) et tantales
6. **Trail** : zinc, plomb, argent, or, cadmium, bismuth, étain, indium, germanium, plomb antimonial, chlorure mercurique, matte de cuivre, acide sulfurique, sulfate d'ammonium, soufre, dioxyde de soufre liquide, métaux à haute pureté
7. **High River** : lingots et alliages de magnésium
8. **Fort Saskatchewan** : nickel, cobalt, sulfure de cuivre, sulfate d'ammonium
9. **Flin Flon** : anodes de cuivre, zinc, cadmium
10. **Thompson** : nickel, matte de cuivre, résidus de métaux précieux, oxyde de cobalt
11. **Blind River** : trioxyde d'uranium
12. **Timmins** : zinc, cathodes de cuivre, cadmium, indium, acide sulfurique
13. **Noranda** : anodes de cuivre
14. **Cobalt** : argent
15. **Falconbridge** : matte de nickel-cuivre
    Sudbury : oxyde de nickel (sinter), nickel en boulettes et en poudre, sulfate de nickel, cuivre (cathodes, barres à fils), or, argent, sélénium, tellure, métaux du groupe platine (dans les résidus), acide sulfurique, dioxyde de soufre liquide, soufre
16. **Brampton-Toronto** : or, argent
17. **Port Colborne** : nickel à usage commercial, oxyde de nickel, lingots de nickel-chrome-fer, métaux du groupe platine (dans les résidus), oxyde de cobalt, cobalt électrolytique
18. **Port Hope** : hécafluorure d'uranium, bioxyde d'uranium, métal et alliages d'uranium
19. **Haley** : magnésium, lingots d'alliage de magnésium, calcium, alliages de calcium, strontium
20. **Ottawa** : or, argent
21. **Beauharnois** : lingots et alliages d'aluminium
    Valleyfield : zinc, cadmium, acide sulfurique
22. **Montréal-Est** : cuivre (cathodes, billettes), or, argent, tellure, sélénium, sels de sélénium, sulfate de nickel, sulfate de cuivre
23. **Sorel** : scorie de titane, fer
24. **Bécancour** : lingots et alliages d'aluminium, lingots et alliages de magnésium
25. **Grande Baie** : lingots et alliages d'aluminium
    Isle Maligne : lingots et alliages d'aluminium
    Jonquière : lingots et alliages d'aluminium, alumine, produits chimiques d'aluminium, matériaux composites
26. **Baie Comeau** : lingots et alliages d'aluminium
27. **Murdochville** : anodes de cuivre, acide sulfurique
28. **Belledune** : plomb, argent, matte de cuivre, bismuth, acide sulfurique, antimoine, phosphate de diammonical

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990c.

LES IMPACTS DU SECTEUR DES MINÉRAUX ET DES MÉTAUX SUR L'ENVIRONNEMENT

La détermination des questions environnementales prioritaires

Il est difficile d'arrêter des conclusions quant à la contribution globale des activités de ce secteur sur les problèmes environnementaux de notre pays. Le Canada ne possède pas toutes les informations nécessaires sur l'étendue et l'importance des impacts environnementaux de l'extraction et du traitement des minéraux, et il manque également de données sur le respect de la réglementation et des directives environnementales par l'industrie. De plus, nombre des problèmes auxquels l'industrie est confrontée sont, en fait, l'héritage du passé. Il reste que, si les techniques modernes d'extraction et de traitement sont nettement moins dommageables pour l'environnement, beaucoup de problèmes industriels n'ont aucune solution technique à long terme. Il faut donc plus de recherche et de développement et d'importants investissements pour comprendre et régler les problèmes environnementaux connus et possibles.

On peut néanmoins décrire la nature et l'ampleur de nombre de problèmes environnementaux liés à l'extraction, à la fusion et à l'affinage des minéraux et des métaux au Canada aujourd'hui, notamment :

- les rejets d'effluents contenant des métaux et d'autres contaminants;
- l'écoulement acide des aires de stockage des résidus et des stériles;
- les rejets atmosphériques de dioxyde de soufre, de métaux et de matières particulaires; et
- la découverte de solutions à long terme afin d'atténuer les problèmes environnementaux sur le site des mines inactives, fermées et abandonnées.

La pollution de l'eau

La plupart des sites miniers sont maintenant conçus de façon à fonctionner le plus possible comme un système clos. Les déchets sont traités et stockés sur le site et les effluents bruts ne sont rejetés dans le milieu aquatique naturel que si les précipitations dépassent le taux d'évaporation, si un système de stockage fuit ou si une erreur humaine cause des déversements ou d'autres rejets. Grâce aux pratiques minières modernes, ces situations sont cependant peu fréquentes.

L'ampleur et la complexité des problèmes de pollution de l'eau causée par l'extraction, le concassage et les autres traitements varient beaucoup d'un site à l'autre (Blowes et Cherry, 1991). Les polluants aquatiques peuvent provenir de trois sources principales : les eaux d'exhaure, les effluents liquides du procédé de concassage ainsi que l'écoulement et l'infiltration des eaux superficielles des aires de stockage des résidus et des mines inactives. En présence de minéraux sous forme de sulfures métalliques, les eaux d'exhaure peuvent être très acides. Elles peuvent également contenir des résidus chimiques provenant des explosifs utilisés dans le dynamitage et des huiles et lubrifiants provenant des opérations de forage et d'extraction.

Au cours du concassage, on utilise divers réactifs pour extraire les minéraux du minerai broyé, notamment le cyanure, le kérosène, les agents de flottation organiques, le charbon activé et l'acide sulfurique. Il existe de nombreuses combinaisons possibles de procédés et de réactifs produits spécialement pour traiter des compositions données de minerais broyés. Les réactifs résiduaires peuvent se trouver à la fois dans les effluents liquides d'une usine de traitement et dans les terrils.

Au cours du concassage, le minerai est séparé des stériles. Il est ensuite broyé finement pour libérer le plus de minéral ou de métal possible, puis tamisé ou soumis à des traitements physico-chimiques comme la séparation par gravité, la flottation ou la cyanuration en vue de la récupération du minéral ou du métal recherché. Le produit de cette activité est le « concentré ». La matière qui reste comprend de grandes quantités de particules rocheuses finement broyées qui sont rejetées sous forme de suspension épaisse (résidus) dans l'eau et stockées dans une aire de confinement spécialement conçue à cet effet (bassins à résidus) sur le site même. Dans la plupart des cas, la totalité ou une partie des résidus et des eaux d'exhaure est recirculée et réutilisée dans l'usine.

Le plan détaillé des installations de traitement et le choix des procédés utilisés pour récupérer les métaux et d'autres substances des effluents varient d'une usine à l'autre. Les produits du traitement des effluents (les boues) sont généralement gardés avec les résidus du broyage dans l'aire de stockage des résidus ou peuvent être transportés et enfouis dans une décharge (Environnement Canada, 1987). Le cyanure utilisé dans le traitement du minerai aurifère est souvent récupéré et réutilisé dans le procédé de broyage. D'autres réactifs comme les agents de flottation utilisés pour extraire les métaux communs ne sont pas récupérés, mais adhèrent aux minéraux dans le concentré ou sont simplement rejetés avec les effluents de l'usine dans les bassins à résidus où l'aération, la sédimentation, la photodécomposition et la biodégradation se combinent, avec le temps, pour décomposer un bon nombre des substances qui pourraient avoir des effets dommageables sur l'environnement.

Dans certaines exploitations côtières, les résidus ont été déversés directement dans l'océan, ce qui a eu des effets sur les organismes vivant à proximité de l'émissaire (voir les chapitres 4 et 8) mais aussi prévenu de façon efficace d'autres impacts (p. ex., ceux résultant de l'écoulement minier acide).

Il est difficile d'évaluer l'ampleur exacte des déversements d'effluents du secteur des minéraux et des métaux. Les volumes d'eau rejetés peuvent varier grandement d'un site à l'autre en fonction de facteurs comme les caractéristiques du minerai extrait et broyé, la disponibilité de l'eau dans la région et le régime hydrologique de cette région, le type de procédé d'extraction et la production globale du site.

Les métaux

Les sources et les effets

Les métaux sont présents dans les boues, les résidus, les terrils, les poussières et les émissions gazeuses provenant de la fusion et de l'affinage. Le rejet des métaux à partir de ces sources constitue l'une des plus importantes préoccupations environnementales de l'industrie minière. Par exemple, les eaux acides résultant du lessivage des métaux contenus dans les tas de résidus et de stériles peuvent pénétrer dans l'environnement au moment de la fonte des neiges et à l'occasion de fortes pluies (Errington et Ferguson, 1987). Les métaux rejetés dans l'atmosphère lors de la fusion se déposent dans les lacs et les rivières où ils détériorent la qualité de l'eau et s'accumulent dans les sédiments.

Les activités minières entraînent la contamination des lacs et des rivières par les métaux dans la plupart des régions minières du Canada et celle-ci a été étudiée en détail dans le voisinage des fonderies, notamment près de Sudbury, Flin Flon et Rouyn-Noranda (Jackson, 1978; Nriagu et collab., 1982; Nriagu, 1983; Arafat, 1985; Carigan et Nriagu, 1985; Allan, 1987). La plupart des cas extrêmes de pollution de l'eau se trouvent près de sites abandonnés, comme dans le cas de plusieurs mines des Territoires du Nord-Ouest (Mudroch, 1988).

Dans les régions minières, les eaux et les sédiments contiennent de fortes concentrations de métaux qui résultent de l'altération naturelle des roches métalliques et qui peuvent être prises

TABLEAU 11.2

Quelques effets toxiques de certains métaux sur les animaux et les plantes, et recommandations en matière de qualité des eaux pour la protection de la vie aquatique

Métal	Recommandation	Remarques sur les effets toxiques
Aluminium	5 μg/L (<pH 6,5) 100 μg/L (>pH 6,5)	• Ce métal est particulièrement toxique entre pH 4,4 et 5,4. • Ce métal peut avoir une toxicité aiguë pour le meunier noir et le saumon aux premiers stades de leur vie. • Les invertébrés et les amphibiens sont également vulnérables aux effets toxiques.
Cuivre	2–6 μg/L, selon la dureté de l'eau	• La toxicité augmente en proportion inverse de la dureté et de l'alcalinité de l'eau • Le cuivre peut inhiber la croissance des plantes. • Ce métal s'accumule dans les algues et les insectes. • Les poissons y sont plus sensibles durant les premiers stades de leur vie.
Plomb	1–7 μg/L, selon la dureté de l'eau	• La toxicité aiguë est plus forte dans l'eau douce. • Les amphipodes sont plus sensibles que les autres espèces aquatiques. • Chez le poisson, ce métal peut causer un noircissement de la queue et une déviation de la colonne vertébrale.
Mercure	0,2 μg/L	• Certains composés du mercure sont extrêmement toxiques pour le poisson et pour les humains. • Les plantes sont généralement moins sensibles que les animaux.
Nickel	25–150 μg/L, selon la dureté de l'eau	• La toxicité augmente avec une baisse de la dureté de l'eau et du pH et en présence de cuivre. • Le poisson est plus sensible durant les premiers stades de sa vie.

Source : Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, 1987.

pour des rejets industriels. Souvent, elles ne sont détectées qu'après le début des activités sur un site donné.

En infimes quantités, nombre de métaux sont essentiels à la vie. Concentrés, ces mêmes métaux peuvent toutefois être nocifs pour de nombreux éléments de l'écosystème, notamment le zooplancton, le phytoplancton et, si les teneurs sont suffisamment élevées, les poissons et les mammifères (Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement 1987) (voir les chapitres 3 et 4). Le tableau 11.2 donne certains exemples des effets toxiques des métaux sur les organismes aquatiques.

Le traitement et la réglementation

Les effluents miniers contenant des métaux comme l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le fer, le plomb, le nickel et le zinc sont traités avec de la chaux pour précipiter les métaux dissous sous forme d'hydroxydes. Ce traitement permet généralement d'éliminer plus de 90 % — et, dans certains cas, jusqu'à 99 % — des métaux et des sédiments en suspension dans les effluents des usines de traitement. Les effluents provenant des bassins à résidus doivent subir un traitement supplémentaire à la chaux qui élèvera leur pH et abaissera ainsi leur teneur métallique avant leur rejet dans l'environnement.

Les boues sont généralement retournées par pompage dans le bassin à résidus. Afin d'éviter tout lessivage de quantités nocives de métaux dans l'environnement, l'intégrité structurelle des systèmes de stockage doit être assurée et les boues doivent elles-mêmes être chimiquement stables (Environnement Canada, 1987).

Depuis le début des années 1970, la contamination par les métaux dans de nombreux sites miniers a diminué en raison d'une réglementation plus stricte et de pratiques d'extraction et de traitement améliorées. La compagnie Miné-

raux Noranda inc. (1991), par exemple, a signalé une diminution de 51 % de ses rejets métalliques dans les effluents depuis 1985.

La réglementation continue de se resserrer. En vertu de la Stratégie municipale et industrielle de dépollution de l'Ontario, la province vise à éliminer presque entièrement tous les rejets de substances toxiques dans ses eaux réceptrices (voir le chapitre 14). Un programme de surveillance des fonderies est maintenant terminé; il sera suivi de l'élaboration de règlements sur les rejets (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1989, 1990*a*, 1990*b*). L'obligation pour l'industrie d'effectuer des tests de biotoxicité représente un changement de cap très net par rapport aux anciennes pratiques de surveillance et de réglementation. Ces tests permettront d'établir un lien très important entre la composition chimique des rejets du secteur de l'extraction et du traitement des minéraux et leurs effets biologiques.

Le cyanure

Le cyanure est largement employé dans la concentration de l'or et, à un degré moindre, dans le traitement des métaux communs comme le cuivre, le plomb et le zinc. La faible quantité de cyanure utilisée dans les usines de concentration des métaux communs n'est pas considérée comme une menace pour l'environnement, et les faibles quantités présentes dans les effluents se dégradent de façon naturelle dans les bassins à résidus.

Dans les mines d'or cependant, le cyanure est utilisé à des concentrations plus élevées. Le cyanure et les composés cyanure–métal doivent être retirés des effluents parce que la dégradation naturelle ne suffit pas pour éliminer ces déchets. Plusieurs autres méthodes efficaces ont été mises au point pour traiter directement les effluents des installations de traitement de l'or ou pour épurer les eaux de décantation des bassins à résidus dans lesquels se produit la dégradation naturelle. Ces techniques, qui comprennent le procédé Inco au dioxyde de soufre–air, le procédé Noranda au dioxyde de soufre, le peroxyde d'hydrogène et la biodégradation, peuvent permettre de récupérer plus de 95 % du cyanure (Environnement Canada, 1987). Le cyanure, qui est précipité sous forme de complexe métallocyanure, aboutit généralement dans le bassin à résidus. Les rejets liquides dans l'environnement contiennent également une certaine quantité de cyanure, mais aucun impact significatif n'a encore été signalé.

FIGURE 11.3

Zones d'écoulement minier acide au Canada

Source : Monenco Ltd., 1984; Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987.

L'écoulement acide des résidus et des stériles

Les compagnies minières se préoccupent depuis longtemps du potentiel acidogène des résidus miniers et des stériles. Un écoulement minier acide a été observé dès 1698 dans les mines de charbon de la Pennsylvanie, mais le problème existait sans aucun doute avant cette date (Paine, 1987). La lutte contre les eaux acides constitue encore de nos jours l'un des principaux défis environnementaux que doit relever l'industrie minière.

La plus grande partie des métaux communs, des métaux précieux (p. ex., l'or, l'argent et le platine) et de l'uranium que l'on trouve au Canada sont présents en association avec du soufre. Le minerai à partir duquel sont extraits les métaux communs, par exemple, peut contenir des minéraux composés de 13 % à plus de 50 % de soufre (Ripley et collab., 1978). Une fois le minerai traité, les minéraux sulfurifères sont rejetés avec les résidus et les stériles.

Ces minéraux métalliques sulfurés réagissent chimiquement et biologiquement avec l'oxygène, l'humidité et les bactéries, ces dernières utilisant le soufre comme source d'énergie. L'oxydation des minéraux sulfurés les plus réactifs, comme la pyrite et la pyrrhotite, peuvent à leur tour causer l'oxydation d'autres minéraux moins réactifs. Il se forme de l'acide sulfurique qui dissout les métaux contenus

TABLEAU 11.3

Quantité estimative de stériles et de résidus sulfurés pouvant causer un écoulement minier acide au Canada

Province/territoire	Stériles (t)	Résidus sulfurés (t)	Autres sources (t)
Colombie-Britannique	250 000 000	78 000 000	
Alberta	Néant		
Saskatchewan	Néant		Sites d'uranium
Manitoba	<100 000	126 400 000	
Ontario	50 000 000	91 600 000	24 750 000 (Sites d'uranium inactifs d'Elliot Lake)
Québec	250 000	93 230 000	30 000 000 (or)
Nouveau-Brunswick	4 000 000	44 800 000	Charbon (Minto)
Nouvelle-Écosse	Néant	Non fourni	Charbon, or et schistes Meguma
Terre-Neuve/Labrador	<100 000	Non fourni	Potentiel (or)
Yukon	10 000 000	36 700 000	
Territoires du Nord-Ouest	<500 000	40 230 000	Certains sites d'uranium
Total	**315 000 000**	**510 960 000**	**>54 750 000**

Remarque : Ces études ne donnent pas un inventaire complet des sites ayant des problèmes réels ou possibles d'écoulement minier acide puisque les quantités de résidus ou de stériles sont souvent estimatives. Les résidus de charbon dans l'est du Canada ne sont pas inclus.

Sources : Melis, 1983; Monenco Ltd., 1984; Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987; Steffen Robertson and Kirsten Inc., 1987.

dans les stériles et les résidus miniers. L'acidité et la température du milieu augmentent proportionnellement à la vitesse des réactions chimiques. À un pH compris entre 2 et 4, l'activité bactérienne accélère les réactions chimiques de 20 à 100 fois (Knapp, 1987). La présence de minéraux alcalins dans la matrice rocheuse peut empêcher ou ralentir la formation d'acide. Cependant, lorsque le potentiel acidogène des réactions est supérieur à la capacité neutralisante des minéraux alcalins, le rythme de production d'acide augmente.

L'ampleur du problème

Il n'existe pas d'inventaire complet des sites acidogènes en exploitation, temporairement fermés et abandonnés au Canada. Cependant, selon deux inventaires des résidus et des stériles sulfurés des mines de métaux communs au Canada (Monenco Ltd., 1984; Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987), les sites à potentiel acidogène résultant des seules exploitations de métaux communs couvrent plus de 15 000 ha, une superficie supérieure à celle de la ville de Toronto. Ces inventaires ne comprennent pas certaines mines abandonnées, les mines d'uranium de l'Ontario (et, à un degré moindre, de la Saskatchewan) et les mines de charbon de l'est du Canada. À une exception près, les mines de charbon de l'Ouest, qui produisent 94 % du charbon du pays, ne figurent pas parmi les sites à potentiel acidogène au Canada (illustrés à la figure 11.3).

Le tableau 11.3 rassemble des informations provenant de plusieurs sources sur la quantité de déchets miniers qui peuvent produire des eaux acides : environ 315 millions de tonnes de stériles et 511 millions de tonnes de résidus entreposés sur les sites miniers du pays. On trouve le plus de stériles en Colombie-Britannique et les plus grandes accumulations de résidus au Manitoba, en Ontario et au Québec. Les exemples suivants donnent une idée de l'importance de l'écoulement minier acide dans différentes provinces :

- À Terre-Neuve et au Labrador, 5 des 91 sites miniers ayant fait l'objet d'une étude des impacts environnementaux possibles avaient un potentiel acidogène (Golder Associates, 1988).

- Le Nouveau-Brunswick compte huit sites de mines de métaux, la plupart concentrés dans la région de Bathurst, et N.B. Coal Limited possède plusieurs sites acidogènes dans la région de Minto (Monenco Ltd., 1984; Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987). Quatre rivières ayant des frayères de saumon de l'Atlantique ont été contaminées par l'écoulement minier acide. Même une fois fermés, ces sites continueront de produire des composés acides pendant plusieurs centaines d'années, ce qui éliminera virtuellement la pêche du saumon dans ces rivières (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988).

- Au Québec, 33 sites miniers sur 103, presque tous situés dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue (dans le nord-ouest du Québec), présentent un risque potentiellement élevé pour l'environnement et la santé. Environ 93 % de ces sites ont un grand potentiel acidogène. On compte 53 autres sites où le risque est jugé moyen ou faible pour l'environnement et qui présentent également un potentiel acidogène (ministère de l'Environnement du Québec, 1990*a*, 1990*b*).

- En Ontario, 20 sites abandonnés contenant 55 millions de tonnes de résidus acidogènes couvrent une superficie d'environ 830 ha (Filion et collab., 1990). Un nombre semblable de sites, sous le contrôle de compagnies en activité, font l'objet d'un traitement permanent.

- Au Manitoba, au moins 13 sites ont un potentiel acidogène; 7 d'entre eux contiennent des quantités considérables de résidus (Monenco Ltd., 1984; Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987).

- En Saskatchewan, environ 360 000 t de résidus d'uranium ont été rejetés directement dans le lac Nero, au site Lorado, entre 1957 et 1960. Ce lac a maintenant un pH de 2,3 et la qualité de ses eaux se répercute sur celle des eaux d'au moins un lac adjacent. Le

site contient également des résidus secs qui ont un potentiel acidogène considérable (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988).

- En Colombie-Britannique, une mine de charbon a un potentiel acidogène. Cinq sites de mines de métal actives et six sites de mines de métal abandonnées contiennent des matériaux acidogènes (Errington et Ferguson, 1987). Plus de 78 millions de tonnes de résidus et 250 millions de tonnes de stériles produisent actuellement, dans ces mines, des eaux acides (Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987).

- Au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, 11 sites contenant des déchets sulfurés provenant de mines de métaux communs ont un potentiel acidogène (Monenco Ltd., 1984; Nolan, David & Associates Ltd., 1987). La mine d'uranium inactive de Port Radium, dans les Territoires du Nord-Ouest, produit également des composés acides (Melis, 1983).

La production d'acide fait problème pour deux raisons. Premièrement, les métaux dissous dans des conditions acides peuvent migrer dans le milieu aquatique où ils peuvent être toxiques pour divers organismes (voir le tableau 11.2). Deuxièmement, l'acidité elle-même donne lieu à des conditions toxiques pour les organismes, particulièrement les poissons (voir le chapitre 24), pour lesquels le pH optimal du milieu se situe entre 6,5 et 9.

Il peut s'écouler entre un et dix ans ou plus avant l'apparition d'eaux acides et leur production peut s'échelonner sur de nombreuses années, créant d'autres impacts environnementaux généralisés. Des pH bas et de fortes concentrations de métaux comme le cuivre et le zinc ont pollué les eaux réceptrices de la Colombie-Britannique, entraînant des concentrations métalliques élevées chez les bivalves, réduisant le succès de la pêche et modifiant la structure des communautés planctoniques (Errington et Ferguson, 1987). Par exemple, les stériles sur le site abandonné du mont Washington en Colombie-Britannique ne couvrent que quelques hectares, mais ils rejettent suffisamment de cuivre dans l'environnement pour empêcher les remontées de saumons dans la rivière Tsolum, à quelque 10 km de distance (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988).

Les stratégies antipollution

Il existe des méthodes pour neutraliser l'écoulement minier acide et réduire la production d'acide des résidus et des stériles; ces méthodes exigent cependant des dépenses et un suivi, et aucune n'offre de solution permanente, sûre et facile. Les risques d'acidification ultérieure de l'eau et les coûts de gestion de ce problème restent des questions très préoccupantes.

Les mines en exploitation qui produisent actuellement des eaux acides possèdent toutes des installations de traitement neutralisant. Sur le site d'une mine près de la rivière Bulkley, dans le nord de la Colombie-Britannique, par exemple, les effluents non dépollués auraient pu détruire tout le poisson de la rivière. C'est pourquoi Equity Silver Mines Ltd. collecte et traite ses effluents acides à un coût annuel de 1,5 million de dollars. Il pourra se révéler nécessaire d'appliquer un traitement préventif pendant un siècle encore, si l'on ne parvient pas à mettre au point une technique permettant de corriger ce problème de façon permanente (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988).

L'écoulement acide pose également un problème sur les sites de mines abandonnées. Ainsi, le coût estimatif de la remise en état du site abandonné de Kam Kotia en Ontario, qui est une importante source de composés acides, se situe entre 12 et 20 millions de dollars (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988). Les coûts élevés de l'entretien d'installations permanentes de traitement et l'absence de mesures efficaces visant à régler définitivement le problème de l'écoulement acide après la fermeture d'une mine amènent de plus en plus les responsables de certaines provinces à exiger des garanties dans le cadre du processus de délivrance des permis d'exploitation minière.

Des recherches en vue de comprendre, de prévoir, de prévenir et d'atténuer les impacts de l'écoulement acide sont menées depuis bien des années. Elles ont été axées principalement sur les moyens d'éliminer tout contact de l'oxygène avec les résidus et les terrils sulfurés. Les premières recherches indiquaient que la restauration du couvert végétal pouvait freiner la production d'acide, mais ce ne fut pas le cas (Filion et collab., 1990). Par exemple, au cours des années 1970, Minéraux Noranda inc. a rétabli la couverture végétale du site d'entreposage des résidus de Waite-Amulet (Québec), d'une superficie de 40 ha, au coût de 1,7 million de dollars. Il en a résulté une végétation luxuriante à la surface des résidus, mais la qualité des eaux de percolation ne s'est pas améliorée. La compagnie a investi une somme additionnelle de 2,2 millions de dollars pour la construction d'une installation de traitement à la chaux. Les coûts d'exploitation annuels de cette installation sont d'environ 500 000 $ et les résidus pourraient produire des composés acides pendant encore 500 ans (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1988).

On trouve au Nouveau-Brunswick un autre exemple des coûts et des difficultés occasionnés par ce genre de problème : des sulfosels instables ont formé des sulfates seulement après avoir été rejetés dans l'environnement (voir l'encadré 11.2).

De nouvelles techniques visant à empêcher la formation d'acide sont à l'étude; elles comprennent l'utilisation de couvertures imperméables et l'immersion des résidus et des stériles. Au Canada, plusieurs programmes récents nous ont permis de comprendre beaucoup mieux ce problème et de nous approcher de sa solution. Lancé en 1982 par le gouvernement canadien, le Programme national quinquennal de recherches sur les résidus d'uranium a donné lieu au Programme des résidus acides réactifs,

lequel est devenu en 1988 le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier, un programme national de recherches échelonné sur cinq ans et auquel participent les gouvernement fédéral et provinciaux et l'industrie. Élaboré à l'initiative de cette dernière, le programme vise à mettre au point des techniques efficaces de traitement permanent de l'écoulement minier acide. À peu près à la même époque, la Colombie-Britannique a mis sur pied un groupe de travail sur l'écoulement minier acide. Les projets de ce groupe sont financés par l'industrie et les gouvernements fédéral et provincial, et la recherche parrainée par le groupe est coordonnée avec le programme national. Les deux programmes sont axés sur la prévision (p. ex., la modélisation de résidus réactifs), la prévention, le traitement et le contrôle (p. ex., l'immersion des aires de stockage des résidus, le mélange et la séparation des stériles) et la surveillance (p. ex., la surveillance des sédiments) (Filion et collab., 1990). L'Ontario et le Québec élaborent actuellement des programmes semblables.

L'écoulement minier salin

L'écoulement minier salin est principalement associé à la production de potasse en Saskatchewan et au Nouveau-Brunswick. Les mines de potasse produisent chaque année des millions de tonnes de résidus composés de chlorure de sodium, de chlorure de potassium, d'argile, de gypse et de dolomie, en plus d'effluents liquides hypersalins.

En Saskatchewan, les résidus des mines de potasse sont empilés en surface pour former des monticules; jusqu'à présent, 300 millions de tonnes de résidus ont ainsi été déposés par 10 mines sur une superficie couvrant 5 000 ha (Environnement Canada, 1984; Fredlund et Mittal, 1989; Hart, 1989; ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991). Au Nouveau-Brunswick, les résidus sont réinjectés dans les cavités de la mine ou dissous et pompés dans la baie de Fundy. Les effluents liquides hypersalins sont stockés dans des fosses puis injectés dans des puits d'élimination des saumures — qui mènent à des nappes aquifères salines — ou pompés directement dans l'océan.

Aussi bien les résidus que les saumures peuvent contaminer les eaux de surface et les eaux souterraines par ruissellement et infiltration. Le vent peut également transporter et déposer les sels sur les terres avoisinantes. Ces émissions particulaires ainsi que l'impact visuel des terrils suscitent des préoccupations de plus en plus vives. Aucune des mines n'a encore dépassé les directives provinciales en matière d'émissions atmosphériques, bien que les résidants se plaignent de la corrosion accélérée et de l'endommagement localisé des arbres (ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991).

L'écoulement salin ne semble pas encore causer de dommages majeurs à l'environnement. L'industrie de la potasse applique actuellement des mesures antipollution afin de respecter les règlements provinciaux, et les mines ont causé peu d'impact à l'extérieur du site. Il n'existe cependant aucune solution de gestion ni aucune technique de remise en état à long terme. Hart (1989) a prévu que, si le Canada demeure un des grands producteurs mondiaux de potasse, de 14 à 28 milliards de tonnes

ENCADRÉ 11.2

Les sulfosels : à la recherche d'une solution

Il y a environ 20 ans, la Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited a commencé à rejeter les eaux de ses mines et les effluents de ses usines contenant des résidus de métaux, des acides et d'autres contaminants dans la rivière Little, au Nouveau-Brunswick. Ces rejets ont eu des effets directs sur les poissons et autres organismes aquatiques jusqu'à ce que la compagnie construise un bassin de décantation et commence à traiter ses résidus à la chaux. Quand l'eau quittait le bassin, elle était très alcaline et l'on semblait avoir trouvé une solution aux problèmes environnementaux de la rivière.

Cependant, durant les périodes chaudes de l'année, le cours d'eau s'écoulant de l'usine et certaines parties de la rivière devenaient toxiques pour les organismes aquatiques en raison d'une acidité élevée (Brunswick Mining and Smelting Corporation Ltd., 1989). Des études ont révélé que les rejets de l'usine contenaient des sulfosels instables qui n'avaient pas été désactivés par le traitement à la chaux. Les sulfosels sont des composés de soufre partiellement oxydés qui se forment au moment du broyage des minerais sulfurés. Leur formation est moins probable dans un milieu acide ou faiblement alcalin, et elle exige très peu d'oxygène dissous (Rolia et Tan, 1985). Les sulfosels ont tendance à s'oxyder lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement, formant des sulfates et libérant de l'acide. Durant leur lente descente dans ce cours d'eau bien aéré, les sulfosels s'oxydaient en acide sulfurique, détériorant la qualité de l'eau et la vie aquatique de la rivière.

La compagnie a tenté de résoudre ce problème pendant plus de 10 ans. Parmi les douzaines de solutions étudiées, seules quelques-unes se sont révélées prometteuses. Aucune ne permet de vraiment régler le problème, et elles sont toutes très coûteuses. L'une des techniques utilisées consiste à ajouter des agents bactériens dans un grand bassin afin de dégrader les sulfosels. Ces bactéries peuvent éliminer près de 90 % des sulfosels durant l'été, mais moins de 10 % en hiver. Une autre technique exige la construction d'un immense bassin peu profond (30 km de long sur plus de 200 m de large). Les eaux brutes y seraient retenues pendant deux ans, à un coût de 4,1 millions de dollars par année, pendant que les bactéries s'attaquent aux sulfosels. D'autres techniques encore plus coûteuses font appel notamment à des systèmes industriels de bio-oxydation à l'air, à l'addition de produits chimiques (comme le peroxyde d'hydrogène) et au pompage des eaux brutes sur de grandes distances jusqu'à l'océan.

de déchets salins (résidus, saumures et boues), couvrant entre 80 000 et 160 000 ha, pourraient s'accumuler d'ici le milieu du prochain siècle. Le problème à long terme tient donc à la façon de gérer l'accumulation de déchets, à l'absence de solution de gestion à long terme des résidus miniers et des saumures, et aux dépenses nécessaires pour s'assurer que les ressources en eau limitées, particulièrement en Saskatchewan, ne sont pas contaminées par le sel.

Dans le cadre d'un programme de recherches annoncé récemment et regroupant les paliers fédéral et provincial et l'industrie, 8 millions de dollars seront consacrés sur une période de cinq ans aux questions liées à la compétitivité, à la productivité et à la protection de l'environnement dans l'industrie de la potasse de la Saskatchewan. La composante environnementale du programme sera axée sur l'élaboration de pratiques et de techniques de gestion des déchets assurant une protection environnementale à long terme. Durant la première année, par exemple, la recherche portera sur les moyens d'empêcher les résidus hypersalins de se dissoudre et de se répandre hors des décharges de terrils (G. Feasby, Secteur de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle).

Les radionucléides

L'uranium est extrait ou a déjà été extrait en Ontario, dans le nord de la Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest. Comme dans le cas de l'extraction des métaux en général, les résidus d'uranium qui contiennent du sulfure de fer peuvent produire un écoulement acide. Un grand nombre des sites miniers de la région d'Elliot Lake en Ontario, et certains sites en Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest, produisent des acides.

Environ 185 millions de tonnes de résidus ont été produites par les mines d'uranium canadiennes (Melis, 1983; C. Létourneau, Division des déchets radioactifs et du rayonnement, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle) et sont stockées sur le site de 17 mines inactives et de 5 mines actives. En plus des précurseurs acides et des métaux lourds, les résidus d'uranium contiennent une variété d'espèces radioactives d'atomes, ou radionucléides, notamment le radium-226, le thorium-230, le plomb210 et le polonium-210. Les radionucléides sont les produits de la décomposition naturelle de l'uranium et ne sont pas extraits au cours du broyage.

Certains de ces radionucléides ont une demi-vie longue. Celle-ci est d'environ 80 000 ans dans le cas du thorium-230, par exemple, ce qui signifie que la radioactivité du thorium persistera dans les résidus miniers pendant des centaines de milliers d'années (Steffen Robertson and Kirsten Inc., 1987). Le pH des résidus joue un rôle important dans la détermination du degré de solubilité de certains de ces radionucléides. Le thorium, en particulier, se libère en plus grande quantité lorsque le pH est inférieur à 4 (Constable et Snodgrass, 1987).

On trouve des radionucléides à l'état naturel en faibles concentrations dans les roches et les sols; cependant, leurs concentrations dans les résidus d'uranium sont suffisamment élevées pour justifier leur classement dans les déchets faiblement radioactifs. Les résidus et les effluents des mines d'uranium exigent donc un stockage spécial, mais le niveau de radioactivité n'est pas suffisamment élevé pour nécessiter l'utilisation d'écrans protecteurs contre le rayonnement durant la manipulation et le stockage.

Les principales voies d'exposition à la radioactivité des résidus miniers sont le rayonnement gamma direct, l'inhalation des particules radioactives et l'ingestion de radionucléides par le biais de la chaîne alimentaire. Les responsables du Programme national de recherches sur les résidus d'uranium ont conclu que la radioactivité des résidus miniers n'expose vraisemblablement pas les personnes à des risques indus. Selon eux, il faut se préoccuper davantage des autres contaminants environnementaux contenus dans les résidus, comme les métaux et les eaux acides. Un modèle mathématique élaboré dans le cadre du programme permet aux chercheurs de prévoir les effets à long terme des terrils d'uranium (Senes Consultants Ltd., 1984, 1985, 1986). Un autre modèle mathématique permettant d'évaluer le risque présenté par les terrils d'uranium sur une période de 1 000 ans a également été mis au point par Murray et collab. (1987)[1].

On continue de se préoccuper du devenir des radionucléides dans l'environnement, mais certains progrès ont été réalisés en matière de dépollution. En Ontario, on a constaté dans les années 1960 un sérieux problème de pollution du bassin de la rivière Serpent par les mines d'uranium de la région d'Elliot Lake. Dans certains lacs, les teneurs en radium-226 étaient 50 à 200 fois supérieures aux niveaux de fond. Le radium a été extrait des effluents avec du chlorure de baryum, et de nouveaux barrages de retenue ont été construits avec des écrans imperméables faits de matériaux synthétiques ou d'argile afin d'empêcher l'infiltration. Ces mesures ont permis de restaurer presque à 100 % le réseau hydrographique de la rivière Serpent, et cette région fait maintenant l'objet d'un programme d'empoissonnement (John, 1987).

En vertu de la *Loi fédérale sur le contrôle de l'énergie atomique*, la Commission de contrôle de l'énergie atomique est chargée de réglementer rigoureusement l'implantation, l'exploitation, la fermeture et la décontamination des mines et des usines d'uranium. Le Règlement fédéral sur les effluents liquides des mines de métaux (voir l'encadré 11.3) s'applique au radium-226 et aux contaminants métalliques qui peuvent être présents dans les affineries d'uranium. La Commission coopère avec Environnement Canada, Pêches et Océans Canada et des organismes provinciaux en ce qui a trait à la réglementation des nouvelles installations. La Saskatchewan a rédigé un règlement relatif aux mines d'uranium et a ajouté aux clauses des baux

[1] Pour des informations sur les effets de l'exposition à la radioactivité sur les plantes, les animaux et les humains, consulter l'Agence internationale de l'énergie atomique/Organisation mondiale de la santé, 1982, et Murray, 1983.

Le règlement fédéral et les lignes directrices sur les effluents liquides des mines de métaux

Environnement Canada applique les dispositions de la *Loi sur les pêches* relatives aux effluents, tandis que Pêches et Océans Canada est responsable de la protection de l'habitat du poisson. Le gouvernement fédéral a établi le Règlement sur les effluents liquides des mines de métaux en 1977 en vertu de la *Loi sur les pêches* parce que les plus graves impacts des déchets miniers se font sentir sur les écosystèmes aquatiques. Le règlement limite les concentrations d'arsenic, de cuivre, de plomb, de nickel, de zinc, de matières solides totales en suspension et de radium-226 dans les effluents miniers; il détermine aussi le pH. Une autre ligne directrice sert à mesurer la toxicité aiguë des effluents liquides des mines de métaux.

Le règlement exclut les exploitations d'extraction de l'or utilisant les procédés de cyanuration (cette exemption s'explique par le fait que, au moment de l'élaboration du règlement, il n'existait aucune méthode de traitement pratique permettant aux compagnies d'éliminer le cyanure et les complexes de métal-cyanure dans les effluents des mines d'or) ainsi que les mines de métaux exploitées avant 1977. On encourage les responsables des mines et des affineries mises en exploitation avant cette date à se conformer à des directives volontaires prescrivant les mêmes limites que le règlement. Les dispositions générales de la *Loi sur les pêches* (qui interdit le rejet de substances nocives dans les eaux où vivent des poissons) continuent de s'appliquer aux mines soumises aux lignes directrices. En 1990, on comptait 48 mines assujetties au règlement et 54 autres aux lignes directrices (L. Surges, Environnement Canada, communication personnelle).

Les gouvernements fédéral et provinciaux collaborent à l'application du règlement fédéral. Dans la plupart des provinces, les permis d'exploitation sont habituellement conformes au règlement fédéral (certains comprennent même des limites inférieures ou des paramètres additionnels). Dans les provinces et les territoires où il se fait de l'extraction de métaux, les compagnies assurent l'essentiel de la surveillance des effluents miniers. Dans les cas où le règlement provincial ou territorial est plus strict que le règlement fédéral, c'est la limite la plus stricte qui l'emporte. En Colombie-Britannique, de nombreux permis sont basés sur les métaux dissous plutôt que sur les métaux totaux, comme c'est le cas dans le règlement fédéral. On tend cependant de plus en plus à inclure, dans le cas des métaux totaux, une exigence correspondant au règlement fédéral. Quant aux mines d'uranium, les limites imposées par le règlement sont incluses dans les permis délivrés par la Commission de contrôle de l'énergie atomique du Canada.

Pour déterminer dans quelle mesure les effluents miniers respectent les limites fixées dans le règlement, on calcule leur concentration moyenne mensuelle. Si l'on considère le nombre de mois au cours desquels le règlement a été respecté, on constate que les mines régies par le règlement ont respecté toutes les limites requises pour les effluents 84 % du temps en 1986 (Environnement Canada, 1988) et environ 88 % du temps en 1990 (L. Surges, Environnement Canada, communication personnelle). L'Association minière du Canada est soucieuse du respect du règlement fédéral par les industries et a prié instamment ses membres d'améliorer leur performance en ce sens.

Le Plan vert du Canada indique que de nouveaux règlements et de nouvelles réductions des effluents, des émissions et d'autres matières rejetées dans l'environnement seront appliqués aux mines de métaux (Gouvernement du Canada, 1990). Les rapports présentant les diverses options antipollution sur lesquelles sera basée la réglementation devraient être prêts d'ici 1994.

miniers sur les terres de la Couronne des exigences plus strictes en matière de restauration et de nettoyage.

Les mines d'uranium de Beaverlodge (Saskatchewan) et d'Agnew Lake et Faraday (Ontario) sont actuellement à une étape avancée de décontamination. Les projets de fermeture des mines et de décontamination des sites exigent maintenant une surveillance environnementale. Par exemple, Beaverlodge a fait l'objet d'un programme de surveillance de six ans, et la compagnie prépare actuellement une demande de rétrocession de la propriété au gouvernement de la Saskatchewan. Les mécanismes en place empêcheront la détérioration de l'environnement à long terme et dégageront le gouvernement de toute responsabilité touchant les sites abandonnés. La décontamination et la remise en état des mines Quirke et Panel (Ontario) sont à l'étude.

La pollution atmosphérique

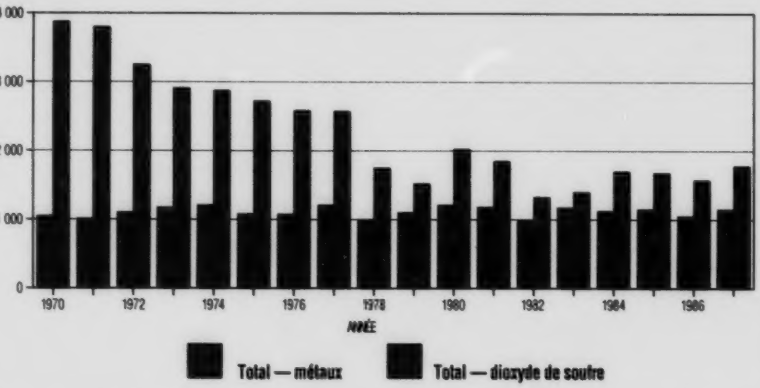
Les fonderies et les hauts fourneaux utilisés par l'industrie minière fonctionnent à des températures élevées et émettent divers polluants : matières particulaires, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, métaux vaporisés et composés organiques volatils. Tous ces polluants peuvent être déposés localement ou transportés sur de grandes distances.

Le dioxyde de soufre

L'émission la plus connue des fonderies est le dioxyde de soufre; dans le passé, les fonderies canadiennes en ont rejeté de grandes quantités directement dans l'atmosphère. Cela dit, l'industrie a régulièrement amélioré ses procédés au cours des 50 dernières années. Il y a quelques décennies à peine, les rejets incontrôlés de dioxyde de soufre des aciéries ont complètement détruit la végétation dans certaines régions. Ce genre d'émission a été considérablement réduit ces dernières années (figure 11.4), mais le risque de dommages reste présent (Lynch-Stewart et collab., 1987; Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990*b*). La santé humaine peut également être touchée, les poumons étant particulière-

FIGURE 11.4

Production de métal et émissions de dioxyde de soufre du secteur des fonderies de métaux non ferreux dans l'est du Canada, 1970–1987



Source : Paine, 1989.

TABLEAU 11.4

Émissions et prévisions de dioxyde de soufre par les industries des métaux de première fusion de l'est du Canada

Province	Émissions (kt)			
	1980	1985	1987	1994[a]
Nouveau-Brunswick	13	17	21	21
Québec	641	502	463	311
Ontario	1 031	899	816	461
Manitoba	463	459	539	440
Total	**2 148**	**1 877**	**1 839**	**1 233**

[a] Prévisions.

Source : Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990a.

ment sensibles à cette forme de pollution (Hilborn et Still, 1990). Mais l'effet le mieux connu du dioxyde de soufre sur l'environnement est sans doute sa contribution notable aux précipitations qui acidifient les lacs, les rivières et les sols et qui peuvent avoir des effets nocifs sur la vie aquatique, la forêt et la végétation (Hélie et Wickware, 1990; Hilborn et Still, 1990) (voir le chapitre 24).

Le secteur des minéraux et des métaux demeure la principale source des émissions de dioxyde de soufre au Canada. Entre 1970 et 1985 cependant, sa contribution globale a fléchi sensiblement, passant de 60 à 50 % des émissions nationales (Environnement Canada, 1986*b*; Kosteltz et DesLauriers, 1990). Cette contribution devrait diminuer à environ 37 % après 1994, lorsque les objectifs de la Stratégie canadienne de lutte contre les émissions de dioxyde de soufre auront été atteints (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990*a*; voir le chapitre 24 pour plus de détails). Le tableau 11.4 donne les émissions réelles de dioxyde de soufre produites de 1980 à 1987 par l'industrie des métaux de première fusion dans l'est du Canada, ainsi qu'une projection pour 1994. La tendance à la baisse des émissions par tonne de métal produit dans ces fonderies est indiquée au tableau 11.5.

Les fonderies qui adhèrent à la stratégie respectent ou dépassent les objectifs fixés pour les émissions. À cette fin, elles ont appliqué une variété de mesures : rejet des minerais à plus forte teneur en soufre (p. ex., Inco Ltd., Manitoba), récupération des émissions pour produire de l'acide sulfurique comme sous-produit commercial (p. ex., Inco Ltd., Ontario; Minéraux Noranda inc., Québec), grillage éclair des concentrés collectifs de cuivre et de nickel (p. ex., Inco Ltd., Ontario) et modernisation d'usines entières pour accroître le rendement d'extraction global. Les investissements nécessaires pour atteindre les objectifs de 1994 varient de 30 millions à 494 millions de dollars, selon la méthode utilisée (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990*a*).

Les métaux

Les procédés de fusion et d'affinage entraînent le rejet de métaux dans l'atmosphère; bien que l'industrie soit une source majeure de ce genre d'émission, il existe toutefois très peu de données d'inventaire récentes. Un rapport préliminaire basé sur des données de 1982 (figure 11.5) montre que les émissions atmosphériques d'arsenic, de cadmium, de nickel et de cuivre à l'échelle nationale étaient principalement dues à la production de cuivre et de nickel, et les émissions d'antimoine et de mercure, à la production de plomb et de zinc. Cependant, ces chiffres ne reflètent pas les changements qui se sont opérés dans les techniques de fusion utilisées au Canada ces 10 dernières années. Combinés à la modernisation des usines et à l'intérêt porté au recyclage et à la récupération des métaux, ces changements ont permis de réduire la quantité de métaux rejetés dans l'atmosphère. Dans certains cas, les initiatives prises dans le cadre de la Stratégie de lutte contre les émissions de dioxyde de soufre ont également pour effet de limiter les émissions de métaux. L'installation d'une unité de production d'acide sulfurique à la fonderie de cuivre de

Rouyn-Noranda a permis à Minéraux Noranda inc. (1991) de diminuer ce type d'émissions d'environ 65 % de 1985 à 1990.

En 1985, Fenco Engineers Inc. a dressé un bilan des émissions de métaux lourds provenant de huit fonderies canadiennes à la fin des années 1970 et au début des années 1980. Les sols, très contaminés par les métaux dans un rayon de 3 km de chaque fonderie, étaient toxiques pour les plantes. Dans les environs de Sudbury et de Flin Flon, on a enregistré des concentrations élevées de métaux dans les eaux de surface, les sédiments, le plancton, les plantes aquatiques et les poissons. Dans les environs de Rouyn-Noranda (Québec) et de Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest), les concentrations de métaux dans les sédiments de fond des lacs dépassaient également les niveaux de fond (Allan, 1987). En 1988, Minéraux Noranda inc. a enregistré de fortes concentrations de plomb aux alentours de Murdochville et de Rouyn-Noranda. Bien que ces concentrations aient été inférieures aux limites réglementaires, Noranda a entrepris un programme volontaire d'enlèvement et de remplacement des sols dans les zones touchées.

Même si les compagnies associées à ces études ont pris des mesures afin de diminuer leurs émissions de métaux, les émissions antérieures ont laissé, dans les sédiments des lacs et des rivières, des métaux résiduaires qui peuvent migrer et nuire à la végétation et aux animaux d'autres régions. La plupart des travaux portant sur les métaux dans les sédiments de fond et d'autres parties de l'écosystème ont été effectués avant 1982; on sait très peu de choses de la contamination actuelle par les métaux et de l'impact possible à long terme sur les écosystèmes.

Émissions de dioxyde de soufre (SO_2) par kilotonne de métal produit dans des fonderies choisies de l'est du Canada

Fonderie/emplacement	Produit	Émissions de SO_2 (kt/kt de métal produit)		
		1970	1980	1987
Hudson Bay Mining & Smelting, Flin Flon (Manitoba)[a]	Cuivre, zinc	2,24	1,83	2,11
Inco Ltd., Thompson (Ontario)	Nickel, cuivre	7,71	5,06	3,95
Inco Ltd., Sudbury (Ontario)	Cuivre, nickel	4,92	2,38	2,12
Falconbridge Ltd., Falconbridge (Ontario)	Nickel, cuivre	7,28	2,30	1,65
Falconbridge Ltd., Kidd Creek Division, Timmins (Ontario)	Cuivre, zinc	n.d.	0,01	0,02
Zinc électrolytique canadien (Noranda), Valleyfield (Québec)	Zinc	0,02	0,03	0,02
Minéraux Noranda inc., Rouyn-Noranda (Québec)	Cuivre	3,24	2,75	2,73
Minéraux Noranda inc., Murdochville (Québec)	Cuivre	2,44	1,44	0,83
Brunswick Mining and Smelting Ltd., Belledune (Nouveau-Brunswick)[b]	Zinc, plomb	0,37	0,29	0,27

n.d. = non disponible

[a] L'augmentation de la quantité de dioxyde de soufre par tonne de métal produit de 1980 à 1987 est attribuable à la variabilité de la teneur en soufre des concentrés traités dans son installation de fusion à façon.

[b] Depuis 1971, la fonderie ne produit que du plomb.

Source : Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990*a*.

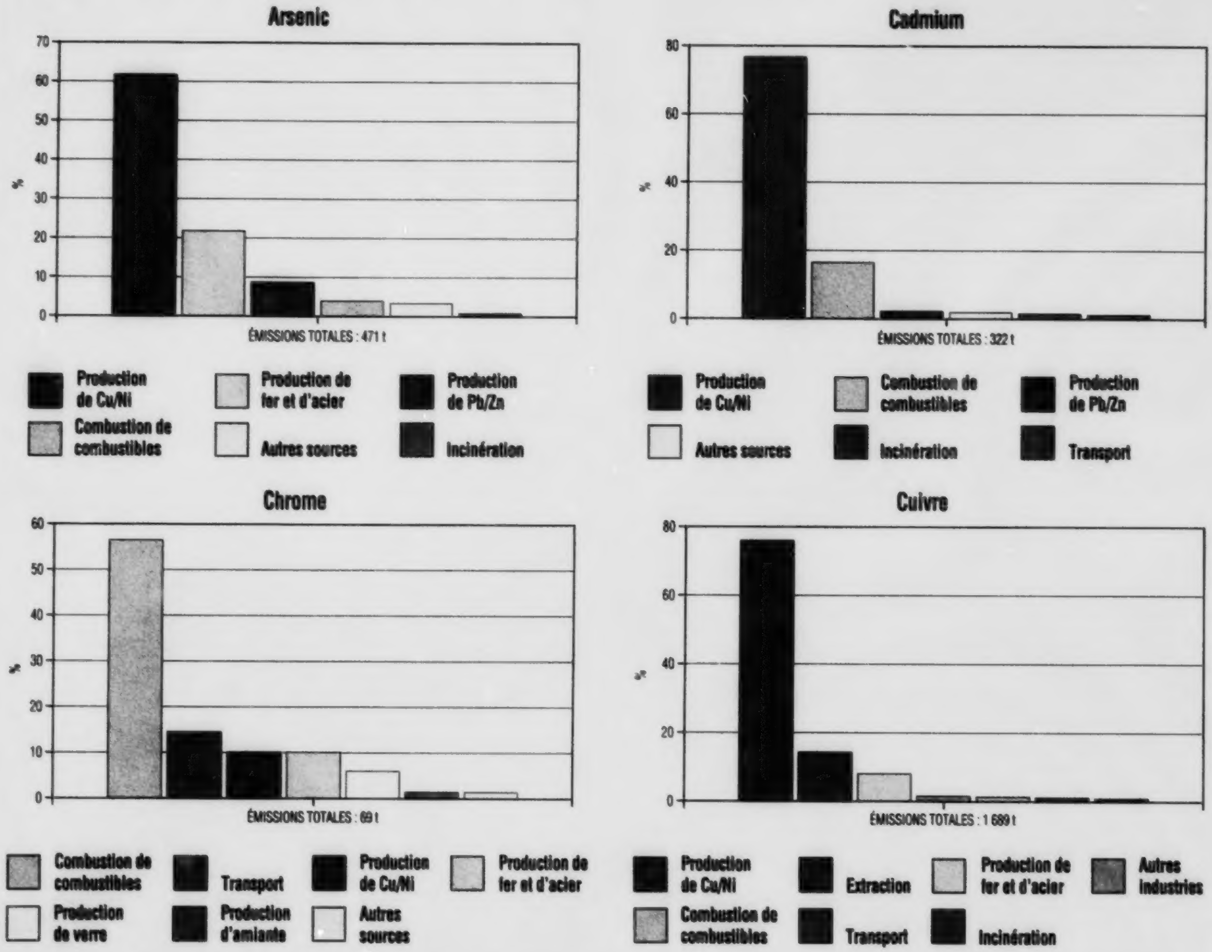
Les poussières provenant des résidus miniers

Les bassins à résidus permettent aux solides de se déposer de sorte que l'eau de traitement puisse être décantée. Lorsque la surface des résidus sèche, elle devient érodable sous l'effet du vent, particulièrement en période de sécheresse. Certains matériaux ont ainsi été transportés sur une distance de 50 km. Pour remédier à ce problème, l'industrie recourt à diverses solutions : vaporisation de la surface des résidus à l'aide de scellants à base de latex ou d'eau; maintien d'une couche d'eau à la surface; et restauration du couvert végétal des zones qui ne sont plus utilisées. Selon Environnement Canada (1986*b*), 63 000 t d'émissions particulaires provenaient des résidus en 1980. Outre qu'elles sont une nuisance, ces poussières peuvent avoir des effets nocifs directs sur l'environnement et la santé, selon la composition des résidus et les méthodes d'atténuation appliquées.

On a étudié certains minéraux plus que d'autres. Les résidus d'amiante, par exemple, couvraient une superficie de plus de 2 500 ha au Québec en 1977 (ministère de l'Environnement du Québec, 1988). L'érosion éolienne des terrils est maîtrisée à l'aide de méthodes d'hydratation et de restauration du couvert végétal adaptées à la composition des résidus et à la configuration des terrils. Environnement Canada (Sébastien et collab., 1986) a néanmoins constaté que les teneurs en fibres d'amiante dans l'air d'une région minière du Québec étaient de 10 à 1 000 fois supérieures aux niveaux de fond établis pour les villes. Bien que l'exposition professionnelle prolongée à la poussière d'amiante ait été liée à certaines formes de cancer du poumon, les études épidémiologiques effectuées auprès des résidants de la région n'ont pas permis de déterminer les effets sur la santé de l'exposition à ces concentrations de fibres d'amiante. La présence de ces fibres dans les rivières, près des aires de stockage des résidus, n'est pas considérée comme un problème pour la santé ou pour l'environnement (ministère de l'Environnement du Québec, 1990*b*).

FIGURE 11.5

Émissions de métaux lourds au Canada



Les sites miniers abandonnés

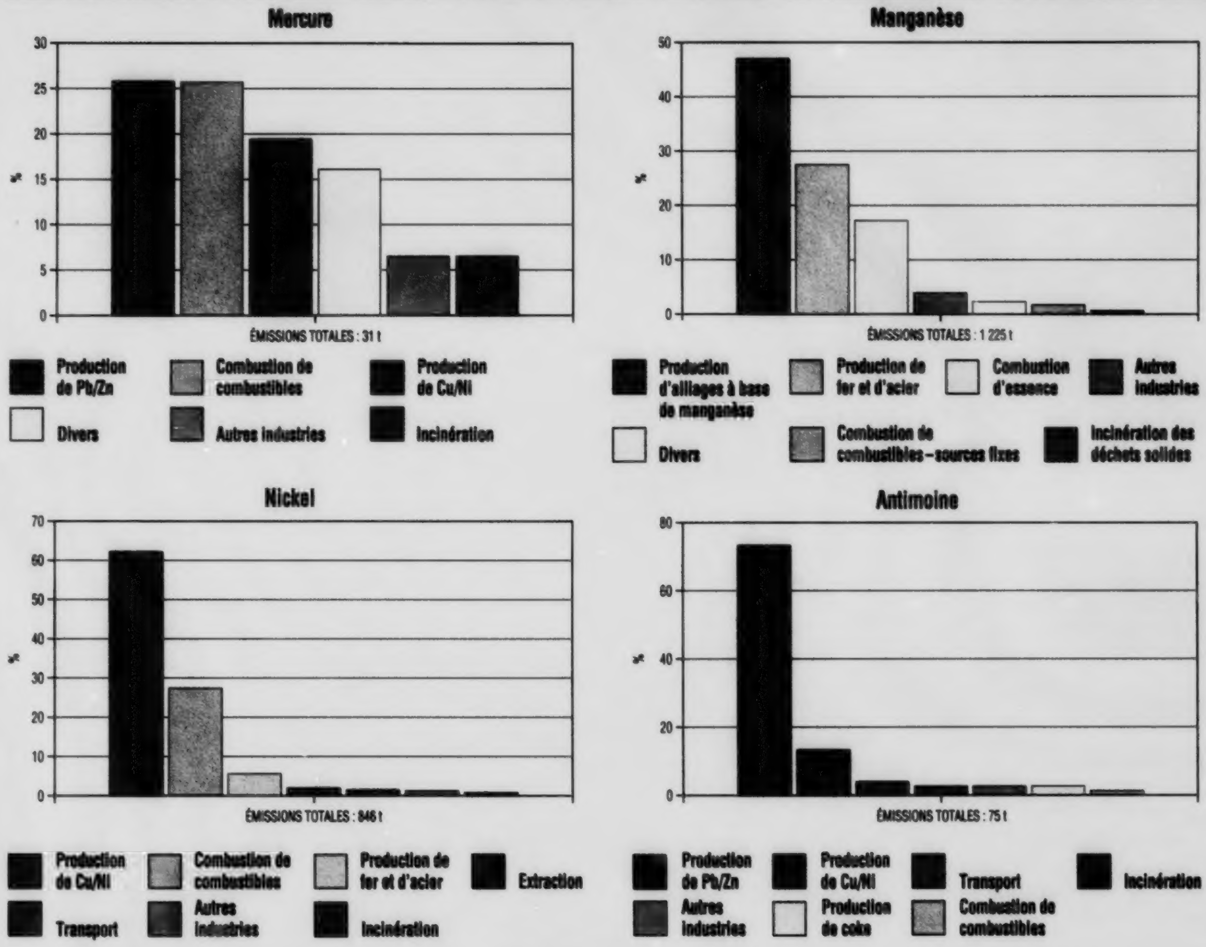
Les mines abandonnées posent de nombreux problèmes potentiellement graves, depuis l'écoulement minier acide jusqu'à la contamination par les métaux et les radionucléides. Même les sites comme les gravières et les carrières abandonnées, qui ne contiennent pas de matériaux toxiques, peuvent modifier de façon permanente l'utilisation future des terres.

La plupart des mines abandonnées ont été exploitées en conformité avec les normes environnementales de l'époque, qui étaient très différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui. Cependant, les propriétaires de mines demeurent responsables de la remise en état de ces sites. Lorsque l'exploitant ne peut être identifié ou que les terres ont été rétrocédées à la Couronne, les gouvernements fédéral et provinciaux doivent en assumer la responsabilité et s'acquitter du coût souvent élevé de l'opération.

Les impacts environnementaux

Nous ne connaissons par le nombre exact des mines abandonnées au Canada, mais il est probable que la plus forte concentration se trouve dans les portions ontariennes et québécoises du Bouclier canadien. La base de données (Géoscience) du ministère du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario dénombre 5 780 mines dans la province (à l'exclusion des carrières et des gisements de granulats minéraux), dont moins de 5 % sont encore actives. Environ 90 % des mines abandonnées étaient des mines d'or. Moins de 50 sites au total présenteraient des problèmes d'écoulement acide.

FIGURE 11.5 (SUITE)



Source : Jaques et Kosteltz, 1988.

En Saskatchewan, environ 550 mines étaient abandonnées avant 1980, année de l'adoption du règlement sur la décontamination des mines et de l'établissement des normes concernant la remise en état des terres. La plupart de ces mines étaient petites et nécessitaient très peu de mesures correctives. Cependant, la province a reconnu 30 sites qui pourraient devoir faire l'objet de travaux dans le cadre de son programme relatif aux mines abandonnées (ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991).

Des centaines de mines abandonnées sont dispersées dans les provinces de l'Atlantique. Au moins 207 sites (pour la plupart abandonnés) en Nouvelle-Écosse et 12 sites au Nouveau-Brunswick risquent de contaminer les ressources en eau souterraine (Nolan, Davis & Associates Ltd., 1987). En Nouvelle-Écosse, beaucoup de sites abandonnés sont d'anciennes mines d'or qui peuvent présenter de graves dangers. Par exemple, Mudroch et Clair (1986) ont décrit la contamination des sédiments et de l'eau du cours supérieur de la rivière Shubenacadie par l'arsenic et le mercure provenant d'une mine d'or abandonnée. Environ 17 % des puits échantillonnés dans cette région étaient contaminés par l'arsenic; en outre, du mercure, du plomb, du zinc et de l'arsenic ont été découverts dans les lacs en aval de la mine.

Dans les Territoires du Nord-Ouest, plusieurs mines abandonnées causent des problèmes environnementaux. Par exemple, les terrils de la mine d'or Discovery, exploitée entre 1950 et 1969, qui étaient contaminés par le mercure, ont eu des effets néfastes sur le poisson des lacs adjacents. Ces résidus

étaient également acidogènes et les teneurs en plomb, zinc, nickel, arsenic et mercure sont encore élevées près du site (Hall et Sutherland, 1988). La mine d'uranium Rayrock, en activité entre 1957 et 1959, a produit environ 80 000 t de résidus, qui sont à la fois acidogènes et plus fortement contaminés par les radionucléides que les autres résidus d'uranium au Canada. Les lacs adjacents sont encore contaminés. Dans les deux cas, les terres n'ont pas été remises en état lorsque la mine a été fermée.

Non seulement le Canada n'a pas d'inventaire exact des sites abandonnés, mais il ne connaît pas non plus la quantité de déchets stockés dans les quelque 6 000 terrils abandonnés à l'échelle du pays et il n'a pas évalué le danger que pouvaient représenter ces résidus pour l'environnement (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1991). Même lorsqu'on a une assez bonne idée du volume et de la nature des déchets, il peut être difficile d'évaluer les dommages que ces derniers pourraient causer. Les problèmes peuvent se présenter seulement après un laps de temps imprévisible et dans une zone éloignée de la mine. Par exemple, un signe précurseur peut apparaître dans une composante d'un écosystème, comme l'accumulation d'un métal donné dans les tissus de populations de poissons évoluant loin du site.

Un autre danger vient de la rupture possible des ouvrages de confinement, comme celle de la digue à stériles survenue récemment près de Matachewan, en Ontario (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1991). À l'automne 1991, plus de 100 000 m^3 de boues résiduaires se sont déversées dans le ruisseau Davidson, qui se jette dans la rivière Montréal. En l'espace d'une semaine, le panache de matières particulaires avait parcouru plus de 100 km en aval, jusqu'au lac Témiscamingue.

Les mesures gouvernementales

Malgré l'absence d'inventaires détaillés du nombre de mines abandonnées ainsi que de la nature et de l'ampleur des problèmes environnementaux que peuvent poser ces sites, les gouvernements ont suffisamment d'informations pour cibler les cas les plus graves. L'Ontario, par exemple, élabore maintenant un programme de nettoyage des mines abandonnées. On a procédé à des études détaillées de Timmins, Cobalt, Kirkland Lake et d'autres collectivités minières, et des stratégies de nettoyage des sites sont envisagées (H. Rabski, ministère du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario, communication personnelle).

Les gouvernements provinciaux modifient actuellement leurs processus de réglementation et de délivrance des permis pour faire en sorte que les exploitants soient tenus entièrement responsables de la fermeture et de la remise en état des sites. À cette fin, ils assortissent les permis de conditions précises touchant la fermeture permanente, fixent des objectifs de remise en état des terres et de décontamination des sites, et exigent des compagnies qu'elles déposent des cautionnements ou des garanties pour s'assurer que les travaux de restauration seront menés à terme ou, faute d'une solution acceptable de remise en état, que le site sera géré de façon sûre en permanence (voir l'encadré 11.4 pour les programmes de remise en état en Alberta).

Le gouvernement de la Colombie-Britannique, qui a dû consacrer plus de 500 000 $ en 1988 au traitement des terrils acidogènes de la mine abandonnée de Mount Washington, exige maintenant que les compagnies déposent des garanties de plusieurs millions de dollars dans le cadre du processus d'approbation, afin de couvrir tout problème à long terme une fois la mine fermée. Au Yukon, l'ouverture de deux mines de plomb–zinc près de la mine existante de Faro est actuellement étudiée par les gouvernements fédéral et territorial dans le cadre du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales. Comme condition de l'approbation du projet, l'exploitant devra probablement déposer une garantie de plusieurs millions de dollars, cette somme devant servir à la restauration du site une fois l'exploitation terminée.

Le coût élevé du nettoyage environnemental et, en particulier, le dépôt de garanties ont fait l'objet de beaucoup de discussions au sein de l'industrie et des gouvernements. Les compagnies ont demandé aux gouvernements d'envisager d'offrir des allégements fiscaux pour compenser les dépenses d'ordre environnemental.

Conjuguées à l'amélioration marquée des pratiques minières modernes, ces nouvelles approches devraient toutefois assurer, à quelques rares exceptions près, que les mines actuellement en activité ne laisseront pas derrière elles une série de problèmes environnementaux lorsqu'elles fermeront.

L'utilisation des terres et de l'eau

Le Canada n'a pas rassemblé systématiquement des données précises sur la nature et la superficie des terres utilisées par le secteur des minéraux et des métaux. L'évaluation nationale la plus récente a été compilée par Environnement Canada (Marshall, 1982) et mentionnée dans le premier rapport quinquennal sur l'état de l'environnement au Canada (Bird et Rapport, 1986). Le tableau 11.6 en fait le résumé. Au total, moins de 0,03 % de la superficie terrestre du Canada est touchée par l'exploitation minière, soit environ 5 % des 5,78 millions d'hectares de terres affectées à d'autres utilisations de construction, y compris les agglomérations urbaines et rurales, les réseaux de transport et les exploitations agricoles. L'Ontario compte à elle seule pour le tiers de la superficie utilisée à des fins minières.

Plus de 80 % de la superficie utilisée par l'industrie minière au Canada sert à l'entreposage des matériaux rejetés (p. ex., les résidus, les stériles, les morts-terrains et les bassins de décantation), aux puits d'extraction, aux mines à ciel ouvert et aux entrées de puits de mines. En 1990, l'industrie a produit environ 950 000 t de résidus et un million de tonnes de stériles par jour (Groupe de travail intergouvernemental

ENCADRÉ 11.4

Les programmes de remise en état des terres : le cas de l'Alberta

L'Alberta a mis sur pied le programme de remise en état des terres le plus dynamique et le mieux financé du Canada. Établi en 1973 aux termes de la *Land Surface Conservation and Reclamation Act*, il vise à restaurer toutes les terres perturbées (dont on ne peut trouver le propriétaire) afin de les rendre écologiquement productives.

Selon la Division de la conservation et de la remise en état des terres du ministère de l'Environnement de l'Alberta, l'extraction du charbon a perturbé jusqu'à présent plus de 6 800 ha dans la région des plaines albertaines; sur ce total, plus de 1 800 ha ont été remis en état. Dans les contreforts des Rocheuses, où l'extraction peut entrer en concurrence avec les habitats fauniques, plus de 3 200 des 5 144 ha ont été restaurés (C. Powter, Division de la conservation et de la remise en état des terres, ministère de l'Environnement de l'Alberta, communication personnelle). La conversion des anciennes mines de charbon à ciel ouvert en habitat faunique a connu beaucoup de succès dans cette province (voir le chapitre 26).

La réglementation de l'Alberta exige des compagnies qu'elles versent une garantie et paient un droit additionnel pour chaque tonne de minerai produite. Les dépôts sont remboursés aux compagnies une fois qu'elles ont remis les terres perturbées dans leur état originel, ce à quoi elles procèdent maintenant parallèlement à l'exploitation. C'est d'ailleurs ce qui se produit à la mine de charbon de Paintearth, par exemple, où la couche végétale enlevée d'un chantier d'extraction est fréquemment transportée directement sur les terrains déjà exploités. Aujourd'hui, les terres agricoles de choix soumises à des activités minières doivent être remises en état de façon à être aussi productives après l'exploitation qu'avant.

La *Land Surface Conservation and Reclamation Act* a été appliquée intégralement à l'extraction des matériaux de construction en 1978. Les activités minières antérieures ont laissé des sites abandonnés couvrant une superficie de plus de 10 000 ha. Jusqu'à présent, 163 sites ont été restaurés dans le cadre du programme de remise en état des terres du ministère de l'Environnement de l'Alberta, essentiellement à des fins agricoles (Browning, 1987; C. Powter, Division de la conservation et de la remise en état des terres, ministère de l'Environnement de l'Alberta, communication personnelle).

sur l'industrie minérale, 1991). Une partie de ces matériaux est utilisée dans la construction de routes et de digues sur le site ou, dans quelques exploitations côtières, elle est rejetée directement dans l'océan. Dans la plupart des cas cependant, les matériaux sont stockés sur le site de la mine. Ainsi, chaque année, environ 650 millions de tonnes de résidus viennent s'ajouter aux milliards de tonnes de déchets déjà produits par l'extraction minière et le traitement des minéraux (Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale, 1991). La superficie des terres utilisées pour stocker et contenir les matériaux rejetés varie de quelques hectares à plus de 500 ha selon l'emplacement, la taille et la durée de l'exploitation (Marshall, 1982).

Les industries extractives recirculent l'eau plus fréquemment que tout autre utilisateur industriel. La consommation réelle d'eau du secteur des mines est relativement faible comparativement aux autres secteurs (voir le chapitre 3). En 1981, l'extraction des minéraux représentait 5 % de la consommation totale d'eau (3 906 millions de mètres cubes), comparativement à 62 % pour l'agriculture, 16 % pour les services municipaux, 13 % pour le secteur manufacturier et 4 % pour les centrales thermiques (Environnement Canada, 1986*a*).

TABLEAU 11.7

Superficie des terres perturbées, utilisées et aliénées par l'extraction minière avant 1982[a]

Type d'extraction minière	Superficie (ha)
Agrégats utilisés dans la construction	138 025
Minéraux métalliques et non métalliques	103 947
Charbon	27 710
Amiante	4 232
Potasse	4 110
Uranium	1 453
Total	**279 477**

[a] Les terres perturbées comprennent celles qui sont touchées par les puits d'extraction et les mines à ciel ouvert, l'entrée des mines souterraines, les résidus, les stériles, les décharges de morts-terrains, le laitier et les bassins de décantation.

Source : Marshall, 1982.

VERS UN ÉQUILIBRE DURABLE

La remise en état des sites miniers

En nettoyant les sites miniers et en remettant en état les terres exploitées, le secteur des minéraux et des métaux peut devenir plus viable sur le plan environnemental. Des opérations de remise en état ont été menées dans toutes les provinces (voir l'encadré 11.4). La superficie totale des terres perturbées par l'exploitation minière et celle des terres restaurées après la fermeture des mines n'est pas inventoriée dans bon nombre de régions du pays, mais le tableau 11.7 donne une indication des efforts faits en ce sens jusqu'à maintenant.

Les mines de charbon

En 1989, on avait restauré 42 % de la superficie des terres utilisées à des fins d'extraction du charbon en Saskatchewan et en Alberta. En

TABLEAU 11.7

Exemples de superficies de terres perturbées et remises en état entre 1982 et 1989

Province	Type de mine	Terres perturbées (total cumulatif des hectares) 1982[a]	1985	1989	Terres remises en état, 1989 (ha)	Reste (ha)
Colombie-Britannique	Charbon	6 175	9 800	12 230	4 434	7 796
	Métaux	13 000	14 000	17 549	2 898	14 651
Alberta	Charbon	8 200	–	11 969	5 018	6 951
Saskatchewan	Charbon	6 600	–	9 372	3 947	5 425
	Potasse	4 110	–	5 000	–	5 000
Manitoba	Métaux	1 986	–	5 000	<100	4 900
Nouveau-Brunswick	Charbon	6 100	–	8 100	2 485	5 615

[a] D'après les chiffres mentionnés dans Bird et Rapport, 1986.

Sources : Marshall, 1983; Bird et Rapport, 1986; Hart, 1989; ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique, 1990; communications personnelles de : C. Powter, Division de la conservation et de la remise en état des terres, ministère de l'Environnement de l'Alberta; J. Bamburak, ministère de l'Énergie et des Mines du Manitoba; D. Jillings, Division des minéraux métalliques, ministère de l'Énergie et des Mines de la Saskatchewan; B. Butler, Direction des mines, ministère des Richesses naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick.

Colombie-Britannique et au Nouveau-Brunswick, la proportion était légèrement inférieure (36 et 31 % respectivement). Les progrès en ce sens ont été entravés par des problèmes d'acidification au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, et par les pentes de montagne abruptes, les terrils instables, le climat sec et les sols minces en Colombie-Britannique.

Les mines de métaux

La remise en état des terres perturbées par les mines de métaux n'a pas été aussi réussie, étant donné que les stériles et les résidus à forte teneur en sulfure exigent une gestion à long terme et la présence de grands puits d'extraction. En 1983, environ 10 % des surfaces perturbées avaient été restaurées (Marshall, 1983). La seule évaluation récente disponible fixe cette proportion à 17 % en Colombie-Britannique en 1989 (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique, 1990).

Les matériaux de construction : puits d'extraction et carrières

Si l'extraction du sable, du gravier et de la pierre concassée dans les puits d'extraction et les carrières pollue très peu l'environnement, il reste que la superficie de terres perturbées est, dans ce cas, supérieure à celle de toute autre forme d'extraction minière au Canada (Marshall, 1982). En raison du coût du transport des minéraux utilisés comme matériaux de construction, ces sites doivent être près des marchés potentiels, ce qui signifie souvent qu'ils créent des zones inesthétiques aux abords des centres de population.

Le Canada ne dispose pas d'inventaire national détaillé des terres perturbées par les puits d'extraction et les carrières et remises en état. L'expérience de l'Ontario peut toutefois être instructive. En 1989, des permis d'exploitation de 2 760 puits d'extraction et carrières ont été délivrés dans cette province en vertu de la *Loi sur les puits d'extraction et les carrières*, principalement dans le sud de l'Ontario et dans les environs de Sault-Sainte-Marie et de Sudbury. Ces permis portaient sur une superficie de 76 917 ha, et le ministère des Richesses naturelles (1990) estimait que 19 337 ha exigeaient des travaux de restauration. Sur ce total, 344 ha ont été remis en état en 1989 au coût de plus de 10 millions de dollars. Aux terres perturbées visées par un permis, il faut cependant ajouter de nombreux puits d'extraction et carrières qui ne sont pas encore régis par la loi dans cette province.

L'expérience, les techniques de pointe et les processus de planification nécessaires à la remise en état des puits d'extraction et des carrières sont éprouvés et facilement accessibles (Marshall, 1983; McLellan, 1983). Un problème important dans le cas des anciens sites tient cependant au fait que les *morts-terrains* (y compris la couche végétale) ont rarement été conservés sur place et qu'ils ont souvent été vendus. De plus, un grand nombre de ces sites ont été exploités jusqu'à une profondeur dépassant la nappe phréatique. Les carrières, quant à elles, présentent de par leur nature des possibilités d'utilisation plus limitées après leur fermeture.

L'avenir

La remise en état des sites abandonnés dans tout le Canada demeure une question cruciale pour les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux; compte tenu du nombre des sites en cause et des coûts élevés de l'opération, elle continuera de commander leur attention pendant bien des années. De nos jours, dans la plupart des régions, les exploitants doivent engager de grosses dépenses et respecter des règlements stricts en ce qui a trait à la restauration des sites. Notre performance à ce dernier chapitre, notamment dans le cas des sites miniers acidogènes, laisse toutefois à désirer. Comme ces endroits présentent un risque à long terme, le Canada doit mettre au point des techniques de restauration propres à ces sites afin de protéger l'environnement contre ce genre de nuisances à l'avenir.

L'intégration de l'utilisation des terres

L'utilisation des ressources peut créer des conflits entre deux ou plusieurs secteurs, comme l'agriculture, la foresterie, les pêches, les loisirs et l'exploitation minière, qui rivalisent pour l'utilisation d'une même région. Les projets de parc, le règlement des revendications territoriales des autochtones et l'expansion urbaine sont d'autres facteurs qui influent sur les modes d'occupation des terres. L'intégration des diverses utilisations à l'étape de l'élaboration d'un projet permet de répondre dans une large mesure aux préoccupations d'ordre environnemental et d'assurer la durabilité à long terme des ressources terrestres.

La planification intégrée formelle n'est pas courante au Canada. Ce sont plutôt les processus d'examen et d'évaluation environnementale qui permettent souvent de soulever des questions liées à l'utilisation des terres. Par exemple, Windy Craggy, l'un des plus importants gisements de cuivre du monde, se trouve dans la vallée de la rivière Tatshenshini, dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique. S'il est exploité, ce gisement pourrait fournir 1 % de la production mondiale de cuivre pendant environ 20 ans, ce qui créerait des centaines d'emplois et contribuerait considérablement à la richesse économique de la province en particulier et à celle du Canada en général. La compagnie devra toutefois extraire des millions de tonnes de roc de la face d'une montagne et transporter le minerai sur une route construite sur un glacier en vue de son traitement.

Les groupes de loisirs et de conservation s'opposent fortement à ce projet, craignant que les résidus et les stériles ne produisent des eaux acides qui puissent avoir des effets dommageables sur les frayères du saumon dans la rivière Tatshenshini. De plus, la vallée se trouve à proximité du parc national Kluane, au Yukon, et du Glacier Bay National Park en Alaska. En fait, toute cette région est considérée comme ayant une beauté naturelle exceptionnelle. Le projet est maintenant examiné dans le cadre du processus de mise en valeur et d'examen des mines de la Colombie-Britannique. De plus, des audiences publiques conjointes fédérales-provinciales d'évaluation environnementale se tiendront au fur et à mesure du déroulement de l'examen, en raison des répercussions possibles du projet sur une rivière internationale et sur les frayères du saumon.

Les changements technologiques

Les mesures de prévention, comme la conception de procédés d'extraction, de broyage, de fusion et d'affinage qui réduisent au minimum ou éliminent les rejets nocifs, sont le meilleur moyen de s'attaquer aux problèmes environnementaux. Depuis le début des années 1970, l'industrie a été soumise à des évaluations environnementales et à des règlements de plus en plus stricts. Grâce à l'innovation technologique, elle a pu améliorer son rendement global, réduire sa consommation d'énergie et sa production de déchets et faciliter l'utilisation de métaux recyclés (voir l'encadré 11.5) dans la fabrication de nouveaux produits. En outre, les chercheurs mettent au point des techniques visant à atténuer les problèmes de pollution actuels, à nettoyer les sites contaminés et à remettre en état les sites abandonnés.

Ces progrès ont nécessité, de la part de l'industrie et des gouvernements, des investissements considérables au titre de la recherche et du développement, qui sont des activités onéreuses et qui exigent un engagement de fonds sur plusieurs années avant que les résultats puissent être appliqués. Même si les données à ce sujet sont incomplètes, on estime que le secteur des minéraux et des métaux consacre environ 30 % de son budget de recherche aux questions environnementales. Si l'on inclut les travaux de recherche destinés à moderniser les usines et à accroître leur rendement global, partant du principe que l'amélioration générale du rendement se solde par une meilleure performance sur le plan environnemental, les dépenses dans ce secteur peuvent alors atteindre 50 % (M. Wojciechowski, Centre for Resource Studies, Université Queen's, communication personnelle).

À quelques exceptions près, notamment le secteur des métaux non ferreux de première fusion, les dépenses de recherche et de développement de l'industrie n'ont pas augmenté au rythme prévu entre 1980 et 1989 (Wojciechowski, 1990). Certaines compagnies ont consacré des sommes considérables à la recherche environnementale; par exemple, Minéraux Noranda inc. a investi 4,4 millions de dollars en 1990 et prévoit investir 5 millions de dollars en 1991 dans le Centre de technologie Noranda (Minéraux Noranda inc., 1991). On ne connaît cependant pas la tendance globale. Les dépenses en recherche environnementale semblent être à la traîne par rapport à celles d'autres pays si l'on tient compte du produit intérieur brut, de la valeur de la production et des ventes.

Comme les grandes questions environnementales sont trop vastes pour être réglées rapidement ou par une seule compagnie, des partenariats se créent de plus en plus fréquemment entre les compagnies minières, les gouvernements et les instituts de recherche. Parmi les programmes axés sur la compréhension et la solution des problèmes environnementaux figurent le Programme national de recherches sur les résidus d'uranium, le Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier et le groupe de travail sur l'écoulement minier acide de la Colombie-Britannique.

Depuis nombre d'années, le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), qui relève d'Énergie, Mines et Ressources Canada, conçoit des techniques présentant des avantages directs ou indirects pour l'environnement. CANMET s'occupe de mettre sur pied un important groupe qui se consacrera à la résolution des problèmes environnementaux à long terme. En collaboration avec l'industrie, le Centre s'est penché

ENCADRÉ 11.5

Le recyclage des métaux : la voie vers un développement durable

En recyclant et en réutilisant les métaux, le secteur des minéraux et des métaux peut favoriser le développement durable. Le recyclage nous permet de conserver les ressources non renouvelables, nous procure des économies d'énergie substantielles, réduit la pollution de l'air et de l'eau et diminue les pressions sur les décharges actuelles et futures.

Le concept n'est pas nouveau. Les métaux ne perdent pas leurs propriétés mécaniques et métallurgiques, et la valeur économique d'un métal donné (p. ex., l'or ou le platine) demeure la même, que le métal ait été réutilisé ou non. Les déchets métalliques représentent une ressource précieuse qui peut être réutilisée de nombreuses fois.

Au Canada, environ 50 % du fer (principalement dans l'acier), 55 % du plomb et 40 % du cuivre sont produits à partir de matières recyclées. Le recyclage est une activité économique importante : il a généré plus de 2 milliards de dollars en 1989, créé des emplois et permis à la plupart des fonderies de continuer leurs opérations dans une conjoncture économique difficile. À la fonderie Horne de Rouyn-Noranda, la quantité de déchets métalliques utilisés comme charge d'alimentation est passée de 27 000 t en 1977 à 120 000 t en 1989 (Bédard et collab., 1991). À Inco Ltd., un tiers de la production canadienne annuelle de platine est récupérée des convertisseurs catalytiques de voitures. Grâce à un accord avec le gouvernement de l'Ontario, la compagnie Falconbridge récupère les métaux des boues produites par les compagnies de galvanoplastie.

Tous les déchets d'aluminium recueillis au Canada en vue de leur recyclage sont envoyés aux États-Unis pour y être traités (p. ex., les cannettes de boisson). En Amérique du Nord, environ 84 milliards de cannettes sont produites chaque année, et près de 70 % sont recyclées (A. Ignatow, Direction des minéraux et des métaux, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle).

La plupart des gens considèrent malheureusement les parcs à ferraille uniquement comme des terrains inesthétiques. Les tas de vieilles autos rouillées et autres rebuts sont en fait un lieu d'entreposage de métaux. La voiture particulière est composée en moyenne de 58,5 % d'acier, 15,3 % de fer, 5 % d'aluminium, 0,8 % de cuivre, 0,8 % de plomb, 0,6 % de zinc et 19 % de matériaux non métalliques comme le caoutchouc et les matières plastiques (Lemons, 1989). Les autos et pièces de ferraille aboutiront à l'aciérie ou à la fonderie de fer la plus proche, passant souvent par plusieurs industries avant d'être retournées aux industries manufacturières comme matière première. Les économies d'énergie réalisées en réutilisant ces rebuts vont de 50 % dans le cas des alliages de fonderie à 74 % dans celui du fer et de l'acier, et jusqu'à 95 % dans la production de cannettes en aluminium. Il en résulte notamment une réduction d'environ 86 % de la pollution atmosphérique et de 76 % de la pollution des eaux ainsi qu'une diminution de 97 % des déchets miniers (A. Ignatow, Direction des minéraux et des métaux, Énergie, Mines et Ressources Canada, communication personnelle).

Le recyclage est une industrie d'avenir au Canada. Ses avantages pour les générations actuelles et futures ne peuvent que se multiplier, à mesure que les consommateurs prendront conscience de la nécessité de recycler les produits métalliques qu'ils jettent au rebut.

sur les moyens de récupérer du charbon des bassins à résidus, du cyanure et des métaux traces dans les effluents des affineries d'or et de l'aluminium des procédés de production, ainsi que sur la mise au point de nouveaux procédés métallurgiques permettant d'éliminer une grande partie des émissions des fonderies à l'origine de préoccupations environnementales.

L'Alberta a adopté une autre méthode. Depuis 1977, le conseil provincial de la conservation et de la remise en état des terres supervise le programme de recherches sur la remise en état des terres, une action coopérative de plusieurs ministères provinciaux et de l'industrie visant à trouver des solutions aux nombreux problèmes soulevés par la restauration des terres perturbées, dont ceux associés à l'extraction du charbon et des minéraux non métalliques.

Le changement des attitudes

Le présent chapitre montre l'évolution de la performance environnementale du secteur des minéraux et des métaux depuis le début des années 1970. Depuis la parution, en 1986, du premier rapport quinquennal sur l'état de l'environnement (Bird et Rapport, 1986), il s'est également opéré un changement au niveau des attitudes et des engagements et ce, dans le but d'améliorer l'image de l'industrie sur le plan environnemental; les partenariats entre les compagnies et les gouvernements se sont multipliés, l'industrie a réagi plus positivement aux audiences publiques associées aux évaluations environnementales et a acquis une expérience plus grande des problèmes de pollution, et des règlements plus stricts ont été adoptés. L'industrie se préoccupe de plus en plus de son bilan environnemental et cherche des moyens de l'améliorer. Des compagnies comme Minéraux Noranda inc., Inco et Falconbridge effectuent maintenant des vérifications internes de leur performance environnementale. Les associations minières s'appliquent à renforcer les pratiques environnementales de leurs membres, aussi bien au Canada qu'à l'étranger.

En 1989, l'Association minière du Canada a produit un énoncé de politique environnementale suivi, en 1990, d'un guide de pratique environnementale dans lequel il est mentionné que les compagnies membres de l'Association « adhèrent au concept du développement durable, qui requiert de prendre

les mesures nécessaires pour bien équilibrer la protection de la santé humaine et du milieu naturel avec les besoins de croissance économique » (Association minière du Canada, 1990). Conformément à cet engagement, les gestionnaires des nouvelles installations minières et de traitement s'efforceront :

- d'utiliser judicieusement l'énergie, l'air, l'eau et le sol;
- de réduire au minimum les rejets dans l'atmosphère et dans l'eau;
- de préserver la santé des espèces sauvages;
- de recycler et de réutiliser les produits et de réduire les résidus;
- d'éliminer les résidus non recyclables par des moyens sans danger pour l'environnement; et
- de restaurer les terres perturbées.

Cet énoncé de principe en faveur du développement durable sert maintenant de cadre général en regard duquel le public peut évaluer les progrès réalisés par l'industrie dans sa recherche d'un équilibre entre le développement économique et la protection de l'environnement.

CONCLUSIONS

Le secteur des minéraux et des métaux joue un rôle clé dans l'économie canadienne : il crée des emplois, représente une part considérable des exportations canadiennes et apporte une contribution substantielle au bien-être des Canadiens. Cette situation se maintiendra vraisemblablement à long terme. Malheureusement, certains avantages économiques de ce secteur sont annihilés par les coûts environnementaux.

Le Canada ne dispose pas de données adéquates sur les problèmes de pollution associés au secteur des minéraux et des métaux. Ses inventaires sont incomplets, tout autant que ses évaluations des impacts et des tendances. Sans données, il est très difficile de mesurer les progrès enregistrés jusqu'à présent dans l'élaboration de techniques et de règlements de dépollution. Bien que l'on ne dispose pas d'informations systématiques, il semblerait que les méthodes de traitement et d'élimination en cours dans les exploitations minières actuelles soient bien gérées.

L'écoulement acide des résidus miniers et des stériles pose l'un des problèmes environnementaux les plus graves à l'industrie, aussi bien dans les mines actives que dans les mines abandonnées; son rôle dans le lessivage des métaux est particulièrement préoccupant. On comprend mieux les processus physiques, chimiques et biologiques régissant la production d'acide dans les résidus, mais il faudra encore beaucoup de recherches pour atténuer ce problème et, plus particulièrement, pour trouver des solutions propres à chaque site. D'ici là, les compagnies doivent traiter activement leurs résidus, leurs stériles et leurs effluents afin de prévenir ou de réduire la production d'eaux acides. Dans le cas des sites abandonnés, les gouvernements des diverses provinces devront continuer de prévoir des fonds considérables pour régler ce problème.

Le secteur des minéraux et des métaux a connu du succès dans sa lutte contre quelques-uns de ses problèmes environnementaux les plus graves. Son action dans le dossier des dépôts acides a reçu l'approbation générale. Les fonderies de métaux non ferreux continuent d'être la source la plus importante des émissions canadiennes à l'origine des dépôts acides dans plusieurs provinces de l'Est; toutefois, des mécanismes antipollution ont été mis en place dans le cadre de la Stratégie canadienne de lutte contre les émissions de dioxyde de soufre. Grâce à divers programmes d'action, l'industrie atteindra très probablement ou même dépassera les objectifs de 1994 en matière d'émissions.

Les déchets accumulés par les exploitations antérieures et qui n'étaient pas traités ni valorisés pour la plupart continuent de faire problème. En particulier, les métaux provenant des émissions atmosphériques et des effluents persisteront pendant bien des années dans les sédiments de fond des lacs et des rivières; avec le temps, ils peuvent aussi contaminer d'autres masses d'eau. De même, en cas de rupture des ouvrages de confinement dans les mines actives ou abandonnées, d'importantes quantités de résidus et de stériles contenant des métaux et d'autres composés nocifs peuvent pénétrer dans l'environnement. La délégation de la responsabilité du nettoyage de ces déversements dans les mines abandonnées et les coûts associés à cette opération créent d'autres problèmes pour les organismes gouvernementaux à divers paliers. Afin d'éviter ce genre de situation à l'avenir, il faut assurer la stabilité des ouvrages de confinement et celle des résidus et définir clairement la responsabilité en ce qui a trait à la gestion et au financement des installations de confinement (et de traitement, dans certains cas).

D'autres problèmes, comme l'écoulement minier salin et les usines de potasse, ne sont pas d'une importance cruciale pour le moment, mais il n'existe aucune méthode éprouvée de nettoyage et de remise en état des sites. L'absence de techniques de restauration et le caractère unique de certains problèmes environnementaux possibles dans ce secteur soulignent la nécessité de trouver des moyens de décontaminer ces sites miniers de façon à respecter l'environnement.

La conception actuelle des mines et l'évolution vers des limites plus strictes des émissions atmosphériques et des rejets d'effluents, les évaluations environnementales et les exigences relatives à la restauration des terres ont modifié les règles du jeu dans le domaine de l'extraction minière au Canada. Les exemples extrêmes de détérioration environnementale à long terme causée par les exploitations minières et les fonderies au cours des dernières décennies ne se reproduiront probablement plus. Malgré les progrès importants réalisés au niveau des opérations actuelles, il reste beaucoup de travail à faire dans presque toutes les provinces et dans les territoires pour nettoyer et remettre en

état les sites abandonnés sur les terres de la Couronne ainsi que les sites appartenant aux exploitants actuels.

On assiste à une transformation de l'impact du secteur des minéraux et des métaux sur l'environnement. Depuis le début des années 1970, les industries, en réaction aux pressions exercées, ont amélioré leur rendement et se sont montrées davantage sensibles aux problèmes environnementaux. Elles ont mis au point plusieurs techniques innovatrices pour régler les problèmes de pollution existants, et un grand nombre d'entre elles se sont même efforcées de dépasser les exigences réglementaires lorsque la chose était possible. Récemment, l'industrie minière a adopté une attitude dynamique et plus réceptive face aux préoccupations environnementales du public. Plus particulièrement, elle a ouvertement pris position en faveur du développement durable. S'il subsiste encore de nombreux problèmes de pollution dans les installations d'extraction, de broyage et de fusion, la tendance au règlement coopératif de ces problèmes est une étape importante dans la recherche de solutions aux préoccupations environnementales soulevées par ce secteur.

OUVRAGES CITÉS

Agence internationale de l'énergie atomique/Organisation mondiale de la santé. 1982. *L'énergie nucléaire, l'environnement et l'homme.* Agence internationale de l'énergie atomique, Vienne.

Allan, R.J. 1987. *Contamination of lakes and rivers in Canada by metals and metalloids from mining and industrial activities.* Présenté à l'International workshop on metals and metalloids in the hydrosphere, impact through mining and industry, and prevention technology, Bochum, Allemagne.

Arafat, N.M. 1985. « The impact of mining and smelting on trace metal sediments around Rouyn-Noranda, Quebec. » *Water Pollution Research Journal of Canada*, 20(1) : 1–8.

Association minière du Canada. 1990. *Guide de pratique environnementale.* Ottawa.

Bédard, M., M. Chapados et G. Kachaniwski. 1991. « Advances in technology for complex custom feed material treatment at Noranda. » *Bulletin de l'ICM (Institut canadien des mines et de la métallurgie)*, 84(948) : 64–69.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Blowes, D., et J. Cherry. 1991. « Mill tailings impoundments: Geochemistry and hydrology. » *Hazardous Materials Management*, 3(3) : 6–11.

Browning, G.E. 1987. « Successful landscape manipulation in the urban fringe from a gravel pit to a lake. » Pages 24–31 dans : Powter, C.B. (réd.). *Proceedings of a symposium on reclamation targets for the 1990s, May 4–5, Edmonton.* Alberta Society of Professional Biologists et Société canadienne des biologistes de l'environnement, Edmonton.

Brunswick Mining and Smelting Corporation Ltd. 1989. *Thiosalt pollution in the Little River: A Brunswick Mining position paper.* Bathurst (Nouveau-Brunswick).

Carigan, R., et J.O. Nriagu. 1985. « Trace metal deposition and mobility in the sediments of two lakes near Sudbury, Ontario. » *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(8) : 1753–1764.

Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance. 1990*a*. *Rapport canadien de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides. Partie 2. Émissions et mesures antipollution.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance. 1990*b*. *Rapport canadien de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides. Partie 5. Effets sur les milieux terrestres.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada.* Préparé par le Groupe de travail sur les lignes directrices relatives à la qualité de l'eau. Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada, Ottawa.

Constable, T.W., et W.J. Snodgrass. 1987. *Leachability of radioactive constituents from uranium mine tailings: final report.* Rapport SPE 3/MM/2. Centre technique des eaux usées, Protection de l'environnement, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1990*a*. *Mise à jour sur l'emploi dans l'industrie minérale.* Rapport interne, janvier. Secteur de la politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1990*b*. *L'industrie minérale du Canada.* Rapport mensuel, septembre. Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1990*c*. *Les principales régions minières du Canada. Carte 900A.* Secteur de la politique minérale et Commission géologique du Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*a*. *L'industrie minérale du Canada.* Rapport mensuel, janvier. Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*b*. *L'industrie minérale du Canada.* Rapport mensuel, juin. Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*c*. *Annuaire des minéraux du Canada, 1990 : aperçu et perspectives.* Nº M38–5/38F au catalogue. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1984. *An overview of the Canadian potash industry.* Rapport interne. Division des opérations minières et métallurgiques, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1986*a*. *Annuaire de l'eau du Canada, 1985, utilisation des eaux.* Nº EN36–425/1985F au catalogue. Ottawa.

Environnement Canada. 1986*b*. *Émissions des principaux polluants atmosphériques au Canada et tendances (1970 à 1980).* Rapport SPE 49–5/7–17F. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1987. *Le traitement des eaux usées provenant de l'exploitation des mines et de la préparation du minerai.* Rapport SPE 2/MM/3. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *La lutte contre la pollution des eaux dans l'industrie minière canadienne en 1986.* Rapport SPE 1/MM/3. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Errington, J.C., et K.D. Ferguson. 1987. « Acid drainage in British Columbia today and tomorrow. » Pages 67–87 dans : *Comptes rendus du séminaire/atelier sur le drainage minier acide, 23–26 mars, Halifax.* Conservation et Protection, Environnement Canada, et Groupe de gestion des aéroports, Transports Canada, Ottawa.

Fenco Engineers Inc. 1985. *Investigation of environmental effects of heavy metal emissions from non-ferrous smelters.* Rapport inédit. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Filion, M.P., L.L. Sirois et K. Ferguson. 1990. « Acid mine drainage research in Canada. » *Bulletin de l'ICM (Institut canadien des mines et de la métallurgie)*, 83(944) : 33–40.

Fredlund, D.G., et H. Mittal. 1989. *Long term stability and deformation of tailings piles and dykes.* Présenté à la Potash tailings and site decommissioning options conference, May 29–31, Saskatoon. Saskatchewan Mining Association, Regina.

Golder Associates. 1988. *Newfoundland and Labrador mine inventory.* Rapport inédit. Conservation et Protection, Environnement Canada, Dartmouth (Nouvelle-Écosse).

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale. 1988. *Rapport sur les aspects d'ordre économique des déversements acides.* Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale. 1991. *Rapport sur le nettoyage des terrils abandonnés à l'aide du retraitement.* Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Hall, R., et D. Sutherland. 1988. *Assessment of contaminated leaching and transport from abandoned gold mines in the Northwest Territories.* Rapport provisoire, janvier. Conservation et Protection, Environnement Canada, Yellowknife.

Hart, R. 1989. *Potash tailings and site decommissioning options in Saskatchewan.* Présenté à la Potash tailings and site decommissioning options conference, May 29–31, Saskatoon. Saskatchewan Mining Association, Regina.

Hélie, R.G., et D.G. Wickware. 1990. *Quantitative assessment of the water resources at risk to acidification in eastern Canada.* Rapport nº 6. Direction du développement durable, Environnement Canada, Ottawa.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique.* Rapport EDE nº 90–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Jackson, T.A. 1978. « The biogeochemistry of heavy metals in polluted lakes and streams at Flin Flon, Canada, and a proposed method for limiting heavy-metal pollution of natural waters. » *Environmental Geology,* 2(3) : 173–189.

Jaques, A.P., et A.M. Kosteltz. 1988. *Emissions of toxic air contaminants in Canada.* Présenté à la 25ᵉ réunion annuelle de l' Air Pollution Control Association, Pacific Northwest International Section, novembre 9–11, Whistler (Colombie-Britannique). Rapport inédit. Division de l'analyse des données sur la pollution, Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

John, R. 1987. « A review of the National Uranium Tailings Program research into acid generation. » Pages 607–617 dans : *Comptes rendus du Séminaire/atelier sur le drainage minier acide, 23–26 mars, Halifax.* Conservation et Protection, Environnement Canada, et Groupe de gestion des aéroports, Transports Canada, Ottawa.

Knapp, R.A. 1987. « The biogeochemistry of acid generation in sulphide tailings and waste rock. » Pages 47–65 dans : *Comptes rendus du Séminaire/atelier sur le drainage minier acide, 23–26 mars, Halifax.* Conservation et Protection, Environnement Canada, et Groupe de gestion des aéroports, Transports Canada, Ottawa.

Kosteltz, A., et M. DesLauriers. 1990. *Inventaire canadien des émissions des principaux contaminants atmosphériques (1985).* Rapport SPE 5/AP/3. Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Lemons, J.S. 1989. *Materials systems analysis of the domestic passenger car.* Bureau of Mines, U.S. Department of the Interior, Washington, DC.

Lynch-Stewart, P., E.B. Wicken et G. Ironside. 1987. *Le dépôt acide sur les terres de choix dans l'est du Canada.* Inventaire des terres du Canada nº 18. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Marshall, I.B. 1982. *Mines, utilisation des terres et environnement. Volume 1. Un aperçu général au Canada.* Série de l'utilisation des terres au Canada nº 22. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Marshall, I.B. 1983. *Mines, utilisation des terres et environnement. Volume 2. Un compte rendu des activités de récupération minière au Canada.* Série de l'utilisation des terres au Canada nº 23. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

McLellan, A.G. 1983. « Gravières et carrières : répercussions sur les terres et restauration du site. » Pages 184–226 dans : Simpson-Lewis, W., R. McKechnie et V. Neimanis (réd.). *Les terres du Canada : stress et impacts.* Dossier nº 6. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Melis, L.A. 1983. *Development of the disposal technology research component of the National Uranium Tailings Program.* Rapport inédit. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Minéraux Noranda inc. 1991. *Rapport sur l'environnement : 1990.* Toronto.

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique. 1990. *Mining in British Columbia 1990.* Rapport préliminaire. Direction de l'inspection technique, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique, Victoria.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1989. *Municipal-industrial strategy for abatement (MISA): the development document for the draft effluent regulation for the Ontario mineral industry sector: Group "A".* Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1990*a*. *Municipal-industrial strategy for abatement: the development document for the effluent monitoring regulation for the industrial minerals sector.* Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1990*b*. *Municipal-industrial strategy for abatement: the development document for the effluent regulation for the metal casting sector.* Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988. *L'Environnement au Québec, premier bilan, document technique.* Sainte-Foy (Québec).

Ministère de l'Environnement du Québec. 1990*a*. *Inventaire des lieux d'élimination des déchets dangereux au Québec, Régions 08 et 10, Abitibi-Témiscamingue et Nouveau-Québec.* Direction des communications, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy (Québec).

Ministère de l'Environnement du Québec. 1990*b*. *Inventaire des lieux d'élimination des déchets dangereux au Québec, Région 05, Estrie.* Direction des communications, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy (Québec).

Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan. 1991. *Saskatchewan state of environment report.* Affaires publiques, ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, Regina.

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1990. *Aggregate resources program statistical update, 1989.* Toronto.

Monenco Ltd. 1984. *Sulphide tailings management study.* Rapport interne inédit. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Mudroch, A., et T.A. Clair. 1986. « Transport of arsenic and mercury from gold mining activities through an aquatic system. » *The Science of the Total Environment,* 57 : 205–216.

Mudroch, P. 1988. *Survey of contaminants at abandoned mines, in particular Discovery mine, Thompson-Lundmark mine, Camlaren mine, Rayrock mine, Northwest Territories.* Rapport inédit. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Environnement Canada, Ottawa.

Murray, R.L. 1983. *Understanding radioactive waste.* Battelle Press, Columbus, Ohio.

Murray, M.L., D.B. Chambers, R.A. Knapp et S. Kaplan. 1987. « Estimation of long-term risk from Canadian uranium mill tailings. » *Risk Analysis,* 7(3) : 287–298.

Nolan, Davis & Associates Ltd. 1987. *Study of acid waste rock management at Canadian base metal mines.* Rapport inédit. Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Northern Miner. 1990. *Mining explained: a guide to prospecting and mining.* Northern Mines Press Inc., Toronto.

Nriagu, J.O. 1983. « Arsenic enrichment in lakes near the smelters at Sudbury, Ontario. » *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47(8) : 1523–1526.

Nriagu, J.O., H.K.T. Wong et R.D. Coker. 1982. « Deposition and chemistry of pollutant metals in lakes around the smelters at Sudbury, Ontario. » *Environmental Science and Technology*, 16(9) : 551–560.

Paine, P.J. 1987. « An historic and geographic overview of acid mine drainage. » Pages 1–45 dans : *Comptes rendus du Séminaire/atelier sur le drainage minier acide, 23–26 mars, Halifax.* Conservation et Protection, Environnement Canada, et Groupe de gestion des aéroports, Transports Canada, Ottawa.

Paine, P.J. 1989. *Perspectives on sulphur dioxide abatement in Canada.* Présenté à la 91e assemblée générale annuelle de l'ICM (Institut canadien des mines et de la métallurgie), 30 avril-4 mai, Québec. Rapport inédit. Direction des programmes industriels, Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Ripley, E.A., R.E. Redman et J. Maxwell. 1978. *Environmental impact of mining in Canada.* Centre for Resource studies, Université Queen's, Kingston.

Rolia, E., et K.G. Tan. 1985. « The generation of thiosalts in mills processing complex sulphide ores. » *Canadian Metallurgical Quarterly*, 24(4) : 293–302.

Sébastien, P., M. Plourde, R. Robb, M. Ross, B. Nadon et T. Wypruk. 1986. *Étude de l'amiante dans l'air ambiant des villes minières du Québec : IIe partie — Étude principale.* Rapport SPE 5/AP/RQ-2E. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Québec.

Senes Consultants Ltd. 1984. *A study to develop and demonstrate techniques for the probabilistic assessment of long term effects of uranium mill tailings in Canada — Phase I.* Programme national de recherches sur les résidus d'uranium, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Senes Consultants Ltd. 1985. *A study to develop and demonstrate techniques for the probabilistic assessment of long term effects of uranium mill tailings in Canada — Phase II.* Programme national de recherches sur les résidus d'uranium, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Senes Consultants Ltd. 1986. *Probabilistic model development for the assessment of the long term effects of uranium mill tailings in Canada — Phase III.* Programme national de recherches sur les résidus d'uranium, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Steffen Robertson and Kirsten Inc. 1987. *Canadian uranium mill waste disposal technology.* Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Wojciechowski, M. 1990. « R&D expenditures by the Canadian mineral industry. » *CRS Perspectives*, No. 34 : 2–6 (bulletin d'octobre). Centre for Resource Studies, Université Queen's, Kingston.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Association minière du Canada. 1991. *Faits et chiffres : les mines au Canada.* Ottawa.

Down, C.G., et J. Stocks. 1977. *Environmental impact of mining.* Halsted Press, John Wiley & Sons Ltd, New York.

Mackintosh, E.E., et E.J. Mozuraitus. 1982. *Agriculture and the aggregate industry: rehabilitation of extracted sand and gravel lands to an agricultural after-use. Industrial Mineral Background Paper 3.* Direction des richesses minérales, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Toronto.

Reclamation Research Technical Advisory Committee. 1990. *Reclamation research annual report — 1989.* Rapport n° RRTAC 90-1. Alberta Land Conservation and Reclamation Council, Edmonton.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), Environnement Canada. Ses principaux auteurs sont Diane Campbell, experte-conseil en environnement (Wakefield, Québec), et Ian Marshall, Rapport sur l'état de l'environnement.

L'élaboration de ce chapitre aurait été impossible sans le soutien, la collaboration et les contributions du personnel du Secteur de la politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada (Ottawa). Glen Kendall a coordonné les révisions du manuscrit pour le compte du Secteur de la politique minérale. Nous remercions particulièrement R. Dunn, S. Hamilton, R. Keyes, E. Koren, A. Ignatow, D. Pilsworth, R. Tupper et D. Williams, qui ont apporté de précieux conseils sur le contenu, le texte et les données et qui ont révisé le manuscrit en partie ou en totalité à plusieurs étapes de son élaboration.

Des informations ainsi que des commentaires sur les versions préliminaires ont été fournis par G. Feasby, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, E. Smith, Secteur de la technologie des minéraux et de l'énergie, ainsi que J. Barclay et E. Jasmin, Bureau des Affaires environnementales, tous d'Énergie, Mines et Ressources Canada (Ottawa).

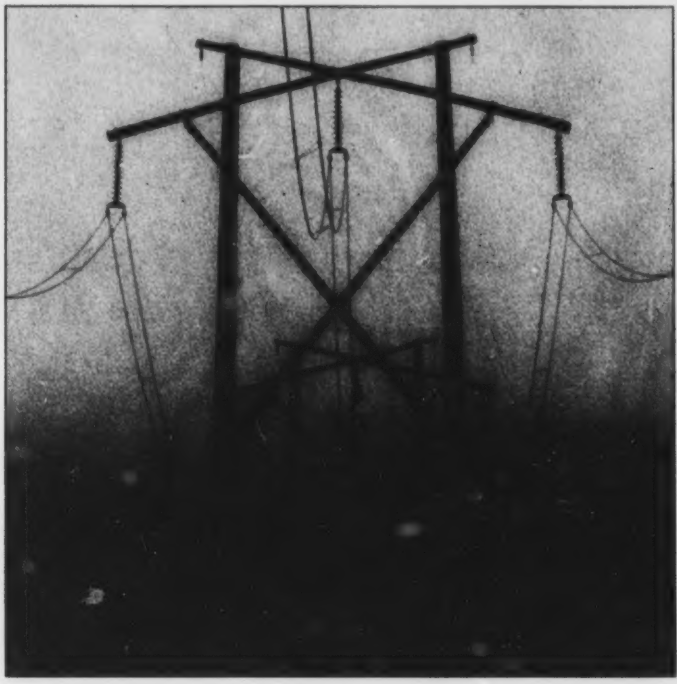
Le personnel de la Protection de l'environnement, Environnement Canada, qui a revu le manuscrit en partie ou en totalité à diverses étapes de son élaboration et qui a fourni de précieux conseils sur son contenu et sa présentation, réunissait W. Blakeman, L. Surges et J. Scott (Administration centrale), A. Gauthier, région de l'Atlantique, et K. Ferguson, région du Pacifique et du Yukon.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapport sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par Earle Ripley, professeur de phytotechnie et d'écologie, Université de la Saskatchewan (Saskatoon). L'Association minière du Canada (Ottawa) a revu la version préliminaire du manuscrit et a fourni des commentaires qui ont été utiles pour améliorer le texte. Une version préliminaire a été préparée par Paul Chénard, Bureau des Affaires environnementales, Énergie, Mines et Ressources Canada (Ottawa).

Ian Marshall, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée et corrigée par Marla Sheffer.

12



GRACIEUSETÉ D'INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Le Canada est l'un des pays les plus énergivores du monde en raison de son climat froid, de son immensité et de ses structures industrielles et urbaines.

■

La construction et l'entretien de l'infrastructure technologique qui supporte la production, le transport et la consommation de combustibles et d'électricité représentent environ 3,7 % de tous les emplois au Canada, 7,1 % du produit intérieur brut et 4,8 % des recettes d'exportation.

■

Le Canada tire 75 % de son énergie primaire des combustibles fossiles dont la combustion est la source des trois principaux problèmes de pollution atmosphérique à l'échelle planétaire : le réchauffement climatique de la Terre, les dépôts acides et la pollution de l'air en milieu urbain associée à l'ozone de la basse troposphère.

■

La contribution humaine à la pollution des océans par les hydrocarbures provient du transport par pétroliers, des rejets et du ruissellement des eaux usées urbaines et industrielles, des dépôts atmosphériques et de l'exploration et de la production hauturières. Les déversements à terre entraînent également des coûts environnementaux : ils contaminent les eaux de surface ou les eaux souterraines, détruisent la végétation, tuent les oiseaux et les poissons et causent des dommages matériels.

■

La plupart des impacts environnementaux de la consommation d'électricité sont liés à la production et au transport de cette forme d'énergie. Les questions les plus préoccupantes ont trait aux grandes superficies soustraites à d'autres utilisations possibles, à la perturbation d'écosystèmes entiers résultant d'inondations à grande échelle et à l'élimination des déchets radioactifs associés à l'électricité nucléaire.

■

La croissance de la demande d'énergie a été ralentie par des programmes d'économie d'énergie, un rendement accru et la sensibilisation des consommateurs, et par des prix plus élevés entre 1973 et 1977, période durant laquelle la consommation totale de l'énergie secondaire utilisée par dollar de produit intérieur brut a diminué de 30 %. Globalement, la réduction de la consommation d'énergie au Canada a été moins importante que chez la plupart des principaux partenaires commerciaux du pays, et la demande montre des signes de remontée.

■

L'exploitation des ressources énergétiques du Canada pose un dilemme majeur aux décideurs : ils doivent équilibrer l'importante contribution de l'énergie au bien-être matériel des Canadiens et la non-viabilité de son exploitation sur le plan environnemental si les tendances actuelles se maintiennent.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 12-4

L'approvisionnement et la consommation énergétiques 12-5

Les impacts de l'énergie sur l'environnement 12-10
- Les combustibles fossiles 12-11
  - Les émissions atmosphériques 12-14
    - Le changement climatique 12-16
    - Les dépôts acides 12-18
    - L'ozone de la basse troposphère 12-20
  - L'utilisation des terres 12-21
    - L'exploitation des réserves classiques de pétrole et de gaz 12-21
    - Le pétrole lourd et les sables bitumineux 12-22
    - L'extraction du charbon 12-24
  - Les déversements de pétrole dans l'environnement 12-25
    - Les déversements en mer 12-25
    - Les déversements en zones non marines 12-26
    - La stratégie de gestion 12-26
  - L'électricité 12-27
    - L'énergie hydroélectrique 12-28
    - L'énergie nucléaire 12-29

La réduction de la demande d'énergie et des impacts 12-31
- La gestion de la demande 12-31
- Les formes renouvelables d'énergie 12-32

Conclusions 12-33

Ouvrages cités 12-35

Pour de plus amples renseignements 12-37

Remerciements 12-37

Liste des encadrés

12.1 La mesure de l'énergie : le joule 12-5
12.2 Les pipelines 12-23
12.3 Les lignes de transport de l'électricité 12-27

Liste des figures

12.1 Production d'énergie primaire au Canada en 1989, par ressource 12-8
12.2 Mines d'uranium et de charbon au Canada 12-8
12.3 Régions de ressources pétrolières et gazières 12-9
12.4 Demande intérieure d'énergie primaire au Canada, 1926–1989 12-10
12.5 Mesures de l'énergie utilisée au Canada, 1960–1989 12-11
12.6 Demande intérieure d'énergie primaire au Canada en 1989, par source 12-12
12.7 Consommation totale d'énergie secondaire et demande totale d'utilisation finale au Canada en 1989, par secteur 12-12
12.8 Flux énergétiques au Canada, 1989 12-13
12.9 Importance des combustibles fossiles dans la demande d'énergie primaire, 1960–1989 12-14
12.10 Sources émettrices de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils et de méthane liées à l'énergie au Canada, 1985 12-15
12.11 Émissions canadiennes de gaz liées à l'énergie et provenant de sources anthropiques 12-16
12.12 Émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie au Canada, 1920–1989 12-16
12.13 Émissions de dioxyde de carbone et consommation d'énergie, 1960–1989 12-17
12.14 Émissions de dioxyde de soufre au Canada, 1970–1985 12-18
12.15 Émissions de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote 12-19
12.16 Approvisionnement en pétrole brut léger et approvisionnement équivalent, 1980–2010 12-21
12.E1 Pipelines de gaz naturel, 1984 et 1989 12-24
12.E2 Longueur des lignes de transport d'énergie hydroélectrique de 100 kV et plus pour chaque province et territoire, 1970, 1980 et 1988 12-28

Liste des tableaux

12.1 Inventaire des ressources énergétiques du Canada 12-6
12.2 L'énergie : production, approvisionnement, demande et prix, 1980–1989 12-7
12.3 Répartition de l'utilisation finale des combustibles en 1989, par région 12-9
12.4 L'énergie et l'automobile 12-14
12.5 Émissions de dioxyde de soufre et limites : production énergétique dans l'est du Canada 12-20
12.6 Comparaison de l'intensité énergétique dans les pays du Groupe des sept 12-32
12.7 Principales sources d'énergies renouvelables de remplacement 12-33

> « Nous sommes arrivés : ou bien les technologies produisant de l'énergie seront utilisées proprement, et elles serviront d'instruments pour obtenir un bien-être matériel sur toute la planète, ou bien la tendance actuelle se poursuivra et conduira à un environnement dégradé, avec, pour résultat, une vie médiocre et incertaine. »
>
> Gail R. Davis, 1990

INTRODUCTION

Si les humains exercent maintenant une influence aussi marquante sur l'environnement, c'est principalement en raison de leur savoir-faire technologique dans l'exploitation de formes concentrées de l'énergie à une échelle qui éclipse l'énergie pouvant être mobilisée par d'autres espèces ou celle dont disposaient nos ancêtres à l'époque préindustrielle. Les deux caractéristiques de notre consommation d'énergie — son *importance* et sa *concentration* ou *qualité* — sont déterminantes pour comprendre comment cette consommation en est venue à avoir un impact si prépondérant sur l'environnement.

Les écologistes ont reconnu depuis longtemps que les flux d'énergie constituent l'une des caractéristiques fondamentales de l'organisation et de l'état des écosystèmes. Il n'est donc pas surprenant que les activités humaines reliées à la production et à la consommation de combustibles et d'électricité aient fini par dominer notre vie. L'énergie est indispensable à tout ce que nous faisons et à tout ce dont nous avons besoin et les écosystèmes subissent le contrecoup de l'accumulation constante de ses sous-produits résiduaires.

En langage écologique, l'être humain est un « producteur tertiaire »; en d'autres termes, même avant le développement des techniques modernes d'exploitation de l'énergie, notre consommation d'énergie était relativement élevée par rapport à celle des autres animaux. Un Canadien adulte, actif et bien nourri, qui maintient son poids corporel à l'aide d'un régime alimentaire de 3 000 calories par jour, convertit quotidiennement 13 MJ d'énergie alimentaire en chaleur (voir l'encadré 12.1). C'est à peu près l'équivalent de l'électricité nécessaire pour faire fonctionner un réfrigérateur de taille moyenne pendant une journée ou du combustible et de l'électricité qu'utilise une usine de pâtes et papiers pour produire suffisamment de papier journal pour un ou deux exemplaires d'un quotidien. Sous forme d'essence, 13 MJ permettraient à une automobile relativement économe de parcourir 3 km.

En comparaison, les Canadiens utilisent quotidiennement plus de 825 MJ d'énergie chacun sous forme de combustibles et d'électricité, soit directement dans leur auto et à leur domicile, soit indirectement dans les biens et services qu'ils produisent, consomment et exportent; cela représente plus de 60 fois l'utilisation directe d'énergie alimentaire d'un adulte bien nourri et, au total, une quantité prodigieuse de combustibles et d'électricité. L'extraction, le traitement, le transport et l'utilisation finale des ressources énergétiques constituent donc au Canada des activités majeures qui se répercutent sur l'ensemble de l'environnement.

Au cours d'une journée moyenne en 1989, les Canadiens ont extrait du sol environ 190 000 t de charbon, 270 millions de litres de pétrole brut, 300 milliards de litres de gaz naturel et 17 000 t de minerai d'uranium. De plus, la plupart des grands réseaux hydrographiques du pays ont été exploités et modifiés de façon à faciliter la production hydroélectrique, qui fournit près des deux tiers de l'électricité utilisée au Canada. Ces ressources énergétiques primaires sont ensuite transformées en combustibles et en électricité et acheminées par route, rail, pipeline et ligne de transport sur un réseau qui atteint presque chaque maison, usine, entreprise et véhicule automobile du pays. La construction et l'entretien de l'infrastructure technologique pour la production, le transport et la consommation de combustibles et d'électricité sont un secteur important de l'économie canadienne : elles fournissent environ 3,7 % de tous les emplois, 7,1 % du produit intérieur brut (PIB) et 4,8 % des recettes d'exportation (Gouvernement du Canada, 1991).

Le premier rapport quinquennal sur l'état de l'environnement au Canada (Bird et Rapport, 1986) faisait état de l'influence de la production et de la consommation des combustibles et de l'électricité dans l'examen de la situation de chaque écozone du pays. Depuis, nous avons eu de nombreux rappels au sujet des liens qui existent entre l'énergie et l'environnement.

En 1987, la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988) a présenté son rapport définitif à l'Assemblée générale des Nations Unies. Dans ce rapport, où elle consacre un chapitre entier à l'énergie, la Commission conclut qu'une stratégie sûre et durable de l'énergie est cruciale pour un développement soutenable, mais que cette stratégie n'a pas encore été trouvée. Au Canada, l'environnement a continué de prendre de plus en plus d'importance dans les plans de politique énergétique, plans traditionnellement dominés par les objectifs de développement économique et la sécurité des approvisionnements pétroliers.

Les Canadiens ont conclu que « les objectifs environnementaux devraient être considérés sur le même plan que les objectifs économiques et sociaux au cours de la planification, de l'exploitation et de l'utilisation de l'énergie » (Comité consultatif sur la Confluence énergétique, 1988). De plus, « l'environnement constitue probablement la question cruciale à laquelle devra répondre le secteur de l'énergie au Canada et partout dans le monde au cours des prochaines années. La raison en est claire : les incidences environnementales de la production et de la consommation de l'énergie se font sentir partout et jouent un rôle important, voire dominant, dans plusieurs des questions environnementales clés du jour » (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*a*).

Le présent chapitre étudie certains impacts de la consommation d'énergie sur l'environnement au Canada, les tendances récentes de ces impacts et les défis à relever si nous voulons que notre avenir énergétique soit compatible avec le développement durable. C'est un sujet très vaste; il faut donc le traiter de façon sélective et porter notre attention sur les stress environnementaux les plus persistants causés par la production, le transport et la consommation d'énergie.

L'APPROVISIONNEMENT ET LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUES

Le Canada est riche en ressources énergétiques (voir le tableau 12.1). Le tableau 12.2 illustre les niveaux de production et les taux de croissance des 10 dernières années. En outre, le Canada peut recourir à des énergies de remplacement en mettant le vent, le soleil et d'autres sources à contribution.

En 1989, la *demande d'énergie primaire* équivalait à 79 % de la production globale d'énergie primaire, qui était de 12 018 PJ (figure 12.1). Cette demande représente l'ensemble des besoins pour toutes les utilisations de l'énergie, notamment l'énergie utilisée par le consommateur final (*demande d'utilisation finale*), les utilisations intermédiaires au moment de la transformation d'une forme d'énergie en une autre (p. ex., du charbon à l'électricité) et l'énergie utilisée par les fournisseurs pour acheminer l'énergie au marché (p. ex., le combustible nécessaire à l'exploitation des pipelines). La production est supérieure à la demande nationale parce que le Canada est un exportateur net de gaz naturel, de pétrole et de produits pétroliers, de charbon et d'électricité. Le Canada était également le plus gros exportateur d'uranium du monde en 1990.

ENCADRÉ 12.1

La mesure de l'énergie : le joule

Le joule est la norme internationale servant à mesurer toutes les formes d'énergie.

Un litre d'essence contient généralement 35 millions de joules ou 35 mégajoules (MJ) d'énergie; un kilowattheure (kWh) d'électricité équivaut à 3,6 MJ. Dans le présent chapitre, la plupart des mesures sont exprimées en multiples de joules, comme suit :

mégajoule (MJ) : 10^6 joules
gigajoule (GJ) : 10^9 joules
térajoule (TJ) : 10^{12} joules
pétajoule (PJ) : 10^{15} joules
exajoule (EJ) : 10^{18} joules

Un plein de 30 L d'essence contient environ 1 GJ d'énergie. 1 PJ équivaut à un million de gigajoules. En moyenne, une ville de la taille de Toronto consomme globalement (chauffage, éclairage, transport, etc.) 1 PJ d'énergie à peu près toutes les 15 heures (Office national de l'énergie, 1991*a*).

Il va de soi que l'énergie humaine ne nous permettrait pas, à elle seule, d'accomplir tout ce que les combustibles et l'électricité nous donnent la possibilité de faire, et cette évidence souligne l'importance de la deuxième caractéristique des systèmes modernes d'énergie industrielle : la qualité de l'énergie consommée. Bien que les scientifiques puissent mesurer toutes les formes d'énergie à l'aide d'une unité commune, le bon sens nous dit que les joules ne sont pas tous égaux. Le principe selon lequel il ne peut y avoir création ou disparition d'énergie est probablement la vérité scientifique la mieux connue au sujet de l'énergie, mais la vie quotidienne nous apprend que les 35 MJ d'énergie stockés dans les liaisons chimiques de 1 L d'essence ou dans 10 kWh d'électricité peuvent faire ce que ne pourrait pas faire la même quantité d'énergie fournie par une source de chaleur à basse température. La différence, c'est la capacité de l'énergie à fournir un travail, et c'est cette qualité de l'énergie qui est dégradée lorsque les combustibles et l'électricité sont utilisés pour chauffer nos maisons, faire fonctionner nos appareils électroménagers, propulser nos véhicules, alimenter la production industrielle et faire toutes ces autres choses que nous accomplissons avec l'énergie. Les formes d'énergie diffèrent non seulement par ce qu'elles peuvent faire pour nous, mais également au niveau du savoir-faire technologique ainsi que des risques et répercussions écologiques associés à leur utilisation.

TABLEAU 12.1

Inventaire des ressources énergétiques du Canada

Type	Ressources
Pétrole brut	•Les réserves classiques prouvées dans l'Ouest canadien se chiffrent à 704 millions de mètres cubes, et le potentiel maximal de ressources récupérables est estimé à plus de 1 milliard de mètres cubes. •On évalue à 619 millions de mètres cubes les ressources classiques découvertes dans les régions pionnières, et le potentiel maximal prévu, à 4 milliards de mètres cubes. •Les sables bitumineux du Canada représentent les plus importants gisements pétroliers connus dans le monde, avec une quantité estimative de 270 milliards de mètres cubes de bitume d'origine en place. On estime actuellement que quelque 10 milliards de mètres cubes sont récupérables. •En 1989, la production canadienne de pétrole brut était de 90 millions de mètres cubes.
Gaz naturel	•On évalue à 2 billions de mètres cubes les réserves classiques prouvées de gaz naturel commercialisable qui restent dans l'Ouest canadien, et à 1 billion de mètres cubes celles des régions pionnières. •Le potentiel maximal dans l'Ouest canadien varie de 1,4 à 2,5 billions de mètres cubes; il peut atteindre jusqu'à 7 billions de mètres cubes dans les régions pionnières. •La production commercialisable était de 96 milliards de mètres cubes en 1989.
Charbon	•On évalue à 7 milliards de tonnes les réserves récupérables de charbon, à 21 milliards de tonnes le potentiel des ressources « mesurées », et à 58 milliards de tonnes celui des ressources estimatives. En 1990, la production était d'environ 68 millions de tonnes.
Hydroélectricité	•On évalue à 205 000 MW la capacité brute totale (existante et potentielle) de production hydroélectrique; 60 000 MW sont actuellement exploités ou le seront dès qu'auront été réalisés les aménagements nécessaires; 94 000 MW sont jugés accessibles en raison de nos capacités techniques et le reste en est à l'étape de la planification.
Uranium	•On évalue à 580 000 t les ressources en uranium d'intérêt économique. La production était de 8 750 t en 1990.
Biomasse et tourbe	•Les ressources canadiennes en biomasse pourraient fournir jusqu'à 133 millions de tonnes de combustible par année sur une base durable (forêts, 110; agriculture, 7; déchets municipaux, 16). Les ressources en tourbe totalisent environ 335 milliards de tonnes.

Sources : Comité consultatif de la Confluence énergétique, 1988; Statistique Canada, 1990; Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991a.

Les ressources énergétiques du Canada sont réparties de façon inégale au pays. Les grandes distances qui séparent les sources d'approvisionnement des principaux centres de consommation (figures 12.2 et 12.3) expliquent les modes d'utilisation de l'énergie au Canada et, par conséquent, leurs incidences environnementales :

1. Ces distances ont nécessité la mise en place d'un vaste réseau de transport qui comprend des centaines de milliers de kilomètres d'oléoducs, de gazoducs, de lignes de transport de l'électricité et de voies ferrées pour acheminer le charbon. Le transport de l'énergie sur de grandes distances consomme également de l'énergie et occupe de grandes superficies de terrain sous forme d'emprises.

2. La répartition géographique des ressources énergétiques du Canada est également à l'origine des grandes différences dans les habitudes de consommation régionales : doté de nombreuses grandes rivières, le Québec a recours à l'énergie hydraulique pour produire presque toute son électricité; par contre, l'Alberta et la Saskatchewan se servent principalement de leurs réserves locales de charbon. Le gaz naturel est très utilisé pour le chauffage domestique dans toutes les provinces à l'ouest du Québec, mais pas du tout dans les provinces de l'Atlantique; dans ces dernières, où l'éventail des sources d'énergie est moins grand, le pétrole représente une part plus importante de la consommation énergétique qu'ailleurs au pays (tableau 12.3).

3. Vu les grandes distances entre les sources nationales d'approvisionnement et les centres de consommation, il est économiquement avantageux pour le Canada de vendre et d'acheter sur le marché international de l'énergie plutôt que de satisfaire tous ses besoins à partir des sources intérieures. Ainsi, le Canada exporte du pétrole et du gaz des provinces de l'Ouest, importe du pétrole dans l'Est et du charbon en Ontario et procède à d'importants accords d'échanges d'électricité avec les États-Unis. S'il est aussi tourné vers l'exportation, c'est parce qu'il possède d'abondantes réserves d'énergie par rapport à ses besoins intérieurs et qu'il partage le continent avec la plus grande économie industrielle du monde.

Compte tenu de ces facteurs, les répercussions environnementales de la consommation d'énergie diffèrent considérablement d'un endroit à l'autre du pays.

Les sources et les quantités d'énergie utilisées au Canada ont radicalement changé depuis la Deuxième Guerre mondiale. L'évolution de la consommation d'énergie primaire au Canada (figure 12.4) reflète assez fidèlement l'évolution même du Canada : la stagnation économique des années 1930, la croissance économique rapide de l'après-guerre et les impacts de l'escalade des prix de l'énergie et de l'amélioration du rendement énergétique au cours des années 1970 et 1980. La demande d'énergie primaire au Canada est presque sept fois supérieure à ce qu'elle était au début des années 1930. Bien que moins spectaculaire, la croissance de la consommation d'énergie par habitant a également été forte. En 1990, la consommation canadienne d'énergie primaire par habitant, toutes utilisations confondues, était en moyenne 2,3 fois supérieure à celle de 1930.

La figure 12.5 illustre la croissance, par habitant, de la consommation de cette forme d'énergie au Canada entre 1960

TABLEAU 12.2

L'énergie : production, approvisionnement, demande et prix, 1980–1989

	1980	1985	1989	% de changement, 1980–89
I. Production, approvisionnement et demande				
Approvisionnement et demande en charbon (millions de tonnes)				
Production	38,7	60,9	70,5	+ 82
Importations	15,8	14,6	14,5	– 8
Approvisionnement total	52,5	75,5	85,0	+ 62
Exportations	15,3	27,4	32,7	+114
Demande intérieure	37,3	48,7	53,9	+ 44
Approvisionnement et demande en uranium (milliers de tonnes)				
Production	7,2	10,9	11,4	+ 58
Exportations	s.o.	7,9	9,4	s.o.
Demande intérieure	1,0	1,3	1,8	+ 80
Approvisionnement et demande en gaz naturel (milliards de mètres cubes)				
Approvisionnement local	78,1	87,0	108,0	+ 38
Production (commercialisable)	70,1	77,4	98,4	+ 36
Exportations	22,6	26,2	37,9	+ 68
Demande intérieure	49,9	52,4	60,0	+ 25
Approvisionnement et demande en pétrole (millions de mètres cubes)				
Production	102,7	105,0	114,3	+ 11
Importations	34,7	21,3	39,1	+ 13
Approvisionnement total	137,4	126,3	153,4	+ 12
Exportations	28,1	44,2	57,0	+103
Demande intérieure	109,0	88,1	99,5	– 9
Approvisionnement et demande en électricité (terrawattheures)				
Production				
Hydroélectrique	251,0	300,7	288,5	+ 15
Thermique classique	79,8	88,6	119,8	+ 50
Nucléaire	35,9	57,1	75,4	+110
Production totale	366,7	446,4	483,7	+ 32
Importations	2,9	2,7	13,0	+348
Approvisionnement total	369,6	449,1	496,7	+ 34
Exportations	30,2	43,0	22,3	– 26
Demande intérieure	339,4	406,1	474,4	+ 40
II. Prix choisis				
Essence et pétrole (cents/litre)				
Essence				
Sans plomb	27,9	53,5	51,6	+ 85
Au plomb	25,9	51,2	51,3	+ 98
Mazout lourd	10,8	20,9	11,3	+ 5
Diesel pour automobile	s.o.	47,5	47,4	s.o.
Huile de chauffe (résidences)	17,1	38,3	30,2	+ 77
Gaz naturel [prix utilisateur final] (dollars/gigajoule)				
Ventes résidentielles	2,79	4,92	4,59	+ 65
Ventes commerciales	2,32	4,16	3,91	+ 68
Ventes industrielles	1,91	3,30	2,41	+ 26
Moyenne	2,20	3,90	3,32	+ 51
Électricité [prix utilisateur final] (cents/kilowattheure, consommation mensuelle)				
Résidentielle	3,32	5,04	5,89	+ 77
Commerciale	2,78	4,29	4,97	+ 79
Industrielle	2,29	3,49	4,03	+ 76

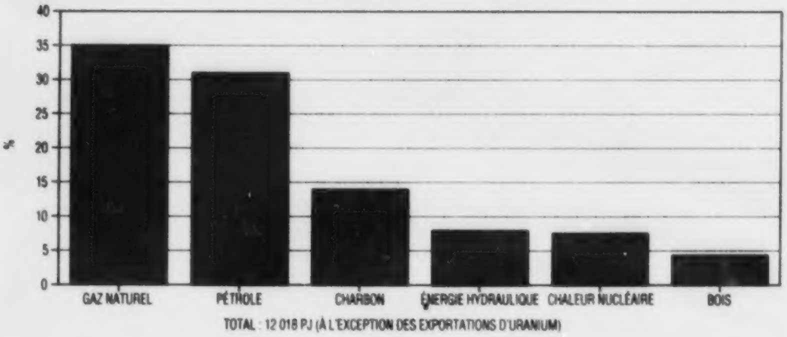
s.o. = sans objet.
Source: Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*b*.

et 1990. La consommation d'énergie ne constitue pas une mesure du stress environnemental, mais elle est utilisée ici pour montrer l'impact qu'elle peut avoir sur l'environnement. Il existe généralement un rapport étroit entre la consommation énergétique et le stress environnemental. La figure précitée montre que la consommation d'énergie primaire par habitant (total de l'énergie disponible à partir des ressources naturelles) au Canada a repris sa tendance à long terme à la hausse après un bref déclin au cours des années 1980 dû notamment aux prix élevés du pétrole, à la récession économique et à un effort généralisé d'économie d'énergie.

Le capital énergétique du Canada a influé directement et indirectement sur le développement de l'économie canadienne. Sa contribution directe à l'économie en termes de PIB, d'exportations et d'emplois a déjà été mentionnée dans l'introduction. De plus, les investissements dans l'énergie non résidentielle ont représenté 17,4 % des investissements commerciaux totaux entre 1983 et 1987 (Gouvernement du Canada, 1991). À un moment ou à un autre, presque tous les gouvernements provinciaux ainsi que le gouvernement fédéral ont tablé sur l'exploitation des ressources énergétiques pour créer des emplois ou stimuler l'investissement. Les répercussions indirectes ont été également importantes, mais plus subtiles. Elles ont permis l'émergence d'un des styles de vie les plus énergivores du monde occidental. Ce style de vie a été favorisé par la tendance des gouvernements canadiens à privilégier la disponibilité de l'énergie bon marché comme outil de politique industrielle et économique. Au cours des années 1970, par exemple, le gouvernement fédéral a maintenu les prix du pétrole canadien au-dessous des niveaux mondiaux pour amortir l'impact inflationniste de la « crise de l'énergie » et renforcer l'avantage compétitif des exportateurs. Au cours de cette même période, l'Alberta a encouragé la croissance d'une industrie provinciale basée sur ses abondantes réserves de gaz. De nos jours, le Québec mise sur l'électricité abondante et bon marché pour attirer les investisseurs dans l'industrie de l'aluminium.

FIGURE 12.1

Production d'énergie primaire au Canada en 1989, par ressource

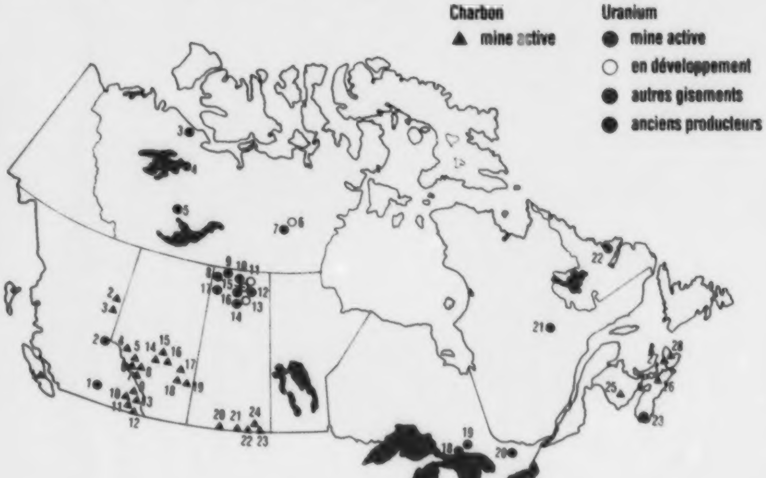


TOTAL : 12 018 PJ (À L'EXCEPTION DES EXPORTATIONS D'URANIUM)

Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

FIGURE 12.2

Mines d'uranium et de charbon au Canada



Charbon		Uranium	
Mine active		Mine	
1. Quiness	15. Whitewood	1. Blizzard	13. Cigar Lake
2. Bullmoose	16. Genesse	2. Rexspar	14. Key Lake
3. Quintette	17. Vesta	3. Dismal Lakes	15. Midwest Lake
4. Smoky River	18. Paintearth	4. Port Radium	16. McArthur River
5. Obed	19. Montgomery	5. Marian River	17. Cluff Lake
6. Gregg River	20. Poplar River	6. Kiggavik	18. Elliot Lake
7. Luscar	21. Utility	7. LGT	19. Agnew Lake
8. Coal Valley	22. Dam	8. Maurice Bay	20. Bancroft
9. Fording River	23. Bienfait	9. Beaverlodge	21. Otish Mountains
10. Greenhills	24. Costello	10. Fond-du-Lac	22. Makkovik
11. Balmer	25. Minto	11. Wolly	23. Millet Brook
12. Coal Mountain	26. Westville	12. Rabbit Lake (incluant Eagle Point)	
13. Line Creek	27. St. Rose		
14. Highvale	28. Sydney; Point Aconi		

Sources : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*b*; Office national de l'énergie, 1991*b*.

Il importe également de remarquer la distinction entre l'intensité énergétique et le rendement énergétique dans l'étude du rôle de la consommation d'énergie. L'*intensité énergétique* mesure la consommation d'énergie par habitant ou par unité de production économique (produit national brut). Ces mesures servent souvent à comparer la consommation d'énergie à l'échelle internationale. Le *rendement énergétique* mesure le rapport entre le contenu énergétique d'un combustible et sa puissance utile. L'énergie est utilisée de façon inefficace lorsque le même service (p. ex., chaleur, lumière, mouvement) pourrait être fourni par un apport inférieur. Toutefois, le fait qu'un pays consomme une grande quantité d'énergie par habitant (intensité énergétique élevée) ne signifie pas nécessairement qu'il utilise mal cette énergie.

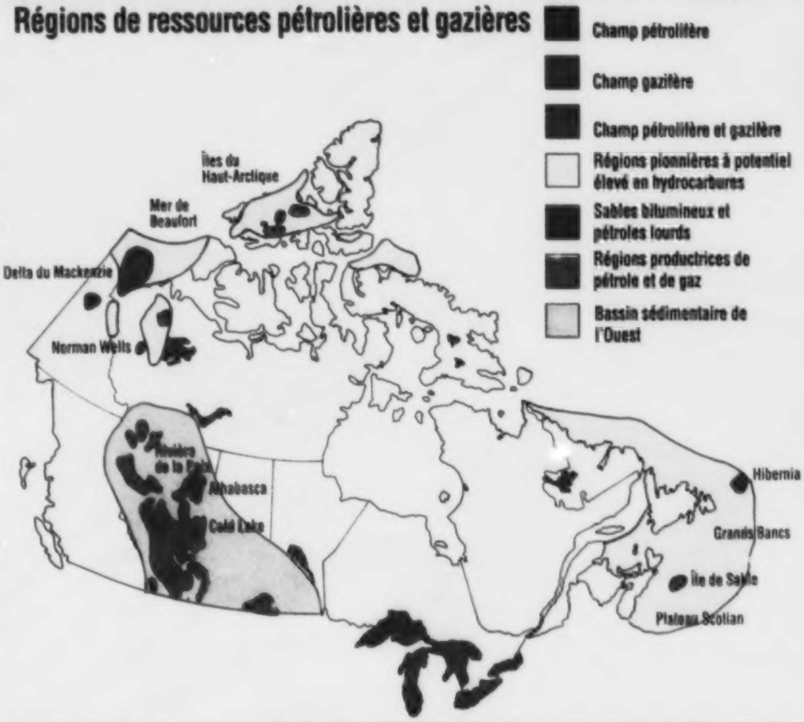
Le Canada est l'un des pays les plus énergivores du monde et ce, pour diverses raisons :

- un climat en moyenne 40 % plus froid que celui des États-Unis, de la France, de l'Allemagne ou de l'Italie;
- un grand territoire terrestre qui entraîne une forte demande de services de transport;
- une structure industrielle énergivore basée sur la production de produits primaires (p. ex., pâtes et papiers, minerais, produits agricoles); et
- une structure urbaine où la faible densité démographique et la prépondérance de l'habitation individuelle créent une forte demande en matière de transport et de chauffage des locaux.

L'exploitation des ressources énergétiques du Canada a contribué à la croissance économique du pays, mais elle a aussi entraîné de lourds coûts environnementaux. Dans une société industrielle moderne comme celle du Canada, cette réalité place les décideurs devant un dilemme majeur : d'une part, l'exploitation des ressources énergétiques, à la fois pour la consommation intérieure et les exportations, contribue grandement au bien-être matériel des Canadiens; d'autre part, le maintien des

FIGURE 12.3

Régions de ressources pétrolières et gazières



Sources : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1984*a*, 1984*b*, 1985; Environnement Canada 1988*a*; Office national de l'énergie, 1991*b*.

TABLEAU 12.3

Répartition (%) de l'utilisation finale des combustibles en 1989, par région

Utilisation finale	C.-B. et territoires	Prairies	Ontario	Québec	Atlantique
Électricité	18	12	18	34	21
Gaz naturel	23	48	31	13	0
Pétrole (autre que pour les transports)	11	11	12	17	29
Pétrole (transports)	26	23	25	26	34
Renouvelables[a] et vapeur	20	2	4	7	13
Autres[b]	2	4	10	3	3
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

[a] Les énergies renouvelables comprennent le bois, les résidus de bois, l'énergie solaire et éolienne ainsi que les déchets municipaux.

[b] Les autres formes d'énergie comprennent le charbon, le coke, les gaz de cokéfaction et les liquides de gaz naturel.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

Source: Office national de l'énergie, 1991*b*.

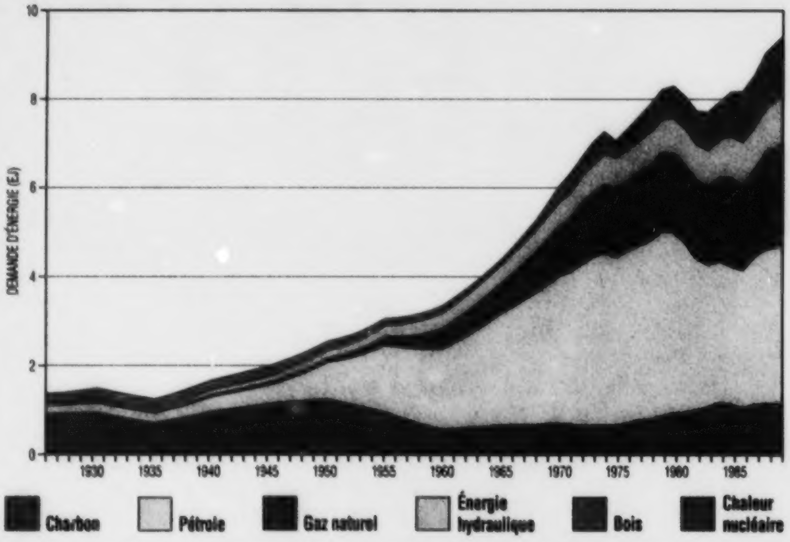
tendances actuelles n'est pas soutenable sur le plan environnemental et menace donc le style de vie que le développement énergétique a rendu possible.

La demande intérieure d'énergie primaire au Canada était de 9 585 PJ en 1989 (figure 12.6). Le consommateur n'utilise cependant pas toute cette énergie directement : les pertes de chaleur dans les centrales thermiques qui utilisent des matériaux nucléaires ou des combustibles fossiles pour produire de l'électricité représentent 14 % (1 357 PJ) de cette quantité. La production d'électricité par des générateurs à vapeur (cette dernière étant obtenue par la combustion de combustibles ou la fission nucléaire) est un procédé fondamentalement inefficace, générant en moyenne environ une unité d'électricité pour trois unités d'apport de combustion ou de chaleur nucléaire. La demande d'énergie secondaire en 1989 équivalait donc à seulement 86 % de la demande d'énergie primaire. La demande de consommation finale ou d'utilisation finale était de 6 959 PJ, soit 73 % de la demande d'énergie primaire (figure 12.7). La différence entre la demande d'énergie secondaire et la demande de consommation finale reflète les utilisations non énergétiques (charges d'alimentation pétrochimiques, asphalte, lubrifiants, graisses) et l'utilisation et les pertes de l'industrie de l'énergie elle-même (p. ex., le combustible nécessaire à l'exploitation des pipelines et au retraitement du gaz naturel ainsi qu'au traitement des liquides de gaz naturel; les pertes lors de la production de coke pour le charbon; les pertes de transport et de distribution de l'électricité; et la consommation de pétrole par les raffineries et les terminaux) (Office national de l'énergie, 1991*b*).

Au moins 77 % de la demande d'énergie d'utilisation finale est sous forme de combustibles, presque tout le reste étant sous forme d'électricité. La prépondérance des combustibles dans la consommation finale d'énergie varie selon le secteur. Le plus petit des principaux secteurs d'utilisation finale, celui des immeubles commerciaux et institutionnels, dépend le moins des combustibles, l'électricité satisfaisant 43 % de ses besoins. La consommation directe de charbon (par opposition à son utilisation indirecte pour la production de l'électricité) est limitée à un nombre restreint de grandes applications industrielles, soit dans les aciéries principalement mais également dans les cimenteries et certaines applications de chaudières industrielles. L'utilisation

FIGURE 12.4

Demande intérieure d'énergie primaire au Canada, 1926–1989



Remarque : Les données sont cumulatives.
Source : Statistique Canada, 1978, 1991.

de produits pétroliers raffinés a diminué considérablement ces dernières années dans tous les secteurs, sauf dans celui des transports où elle représente encore près de 100 % de l'utilisation finale d'énergie.

Pour ce qui est de la demande finale, la part relative des secteurs résidentiel, commercial, industriel et des transports est demeurée stable au cours des ans. Au pays, les transports consomment environ 28 % de l'énergie utilisée (figure 12.7); plus de la moitié de cette consommation est attribuable au parc automobile et ce, pour les deux tiers en milieu urbain. Dans une région urbaine type, le déplacement des personnes représente 90 % de l'énergie consommée dans le secteur des transports et le déplacement des marchandises, principalement par camion, les 10 % qui restent. Les migrations quotidiennes viennent en tête des déplacements; suivent les déplacements à caractère social, récréatif et commercial. La consommation d'énergie dans les immeubles gouvernementaux, commerciaux et autres (centres commerciaux, édifices à bureaux, écoles, entrepôts, hôpitaux, etc.) représente une tranche additionnelle de 13 %. Enfin, la consommation industrielle représente 38 % de la consommation d'énergie finale. Trois industries très énergivores — les pâtes et papiers, les produits chimiques et les métaux primaires — comptent pour la moitié de cette consommation. La dépense d'énergie du secteur résidentiel varie beaucoup selon le climat et selon la taille, l'étanchéité et le degré d'isolation des logements, le rendement des systèmes de chauffage, la température et la quantité de l'eau chaude utilisée, le nombre et le type d'appareils électroménagers et d'autres facteurs.

En 1989, un ménage canadien moyen consommait 96 GJ pour chauffer son logement, 21 GJ pour chauffer l'eau et 24 GJ pour faire fonctionner les appareils. Une fois ajoutés 90 GJ d'énergie sous forme de carburant pour l'automobile (presque entièrement de l'essence, avec un faible pourcentage de carburant diesel, de propane et de gaz naturel), la demande finale de combustibles et d'électricité par logement au Canada s'élevait en moyenne à 231 GJ en 1989, soit l'équivalent énergétique de 6 600 L d'essence (Marbek Resource Consultants, 1989).

La figure 12.8 présente un schéma de l'ensemble des flux énergétiques dans l'économie canadienne (utilisation des ressources dans la production et la consommation d'énergie). Même sous sa forme simplifiée, ce diagramme montre à quel point l'énergie constitue la pierre angulaire de notre société industrielle et comment les activités associées à la production, à la conversion, au transport et à la consommation de l'énergie peuvent imposer un si grand nombre de stress à l'environnement.

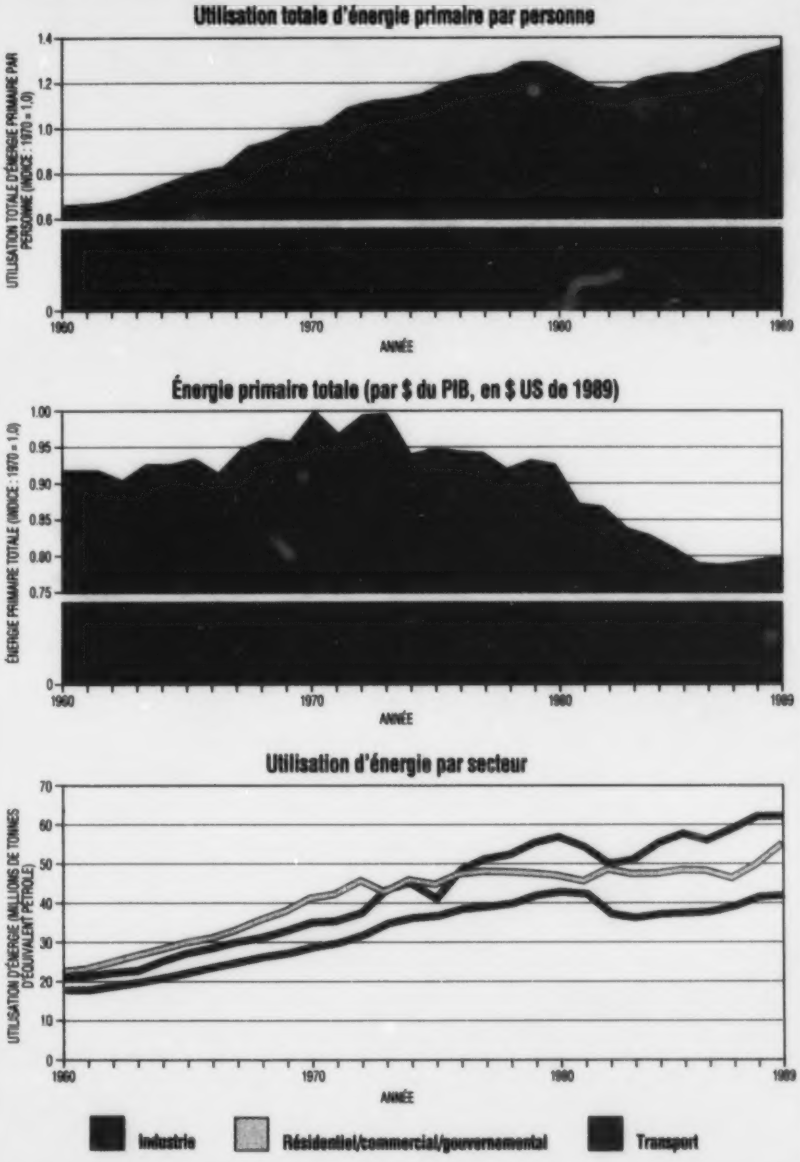
LES IMPACTS DE L'ÉNERGIE SUR L'ENVIRONNEMENT

Pour mesurer l'importance et la complexité des impacts associés aux diverses technologies énergétiques, il faut examiner l'ensemble des étapes qui mènent à une consommation finale; l'utilisation d'une automobile en est un exemple (tableau 12.4). Les impacts environnementaux de la voiture ne se limitent pas aux seules émissions d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures qui s'échappent du pot d'échappement. Par exemple, l'essence utilisée a pu être achetée dans une station-service dont les vieux réservoirs souterrains peuvent fuir. Selon toute probabilité, cette station-service a été approvisionnée par camion-citerne à partir d'une raffinerie, laquelle peut être à l'origine de nuisances écologiques dues à la transformation du pétrole brut en produits raffinés comme l'essence. Les raffineries sont généralement alimentées par bateau ou par pipeline. Ces deux modes de transport présentent des risques pour l'environnement sous forme de déversements accidentels de pétrole brut en mer ou à terre. Enfin, l'exploitation des réserves pétrolières impose des coûts environnementaux qui varient selon la nature et l'emplacement du gisement à exploiter et les techniques utilisées.

De plus, l'utilisation de l'automobile exige une infrastructure considérable, principalement sous forme de routes, de

FIGURE 12.5

Mesures de l'énergie utilisée au Canada, 1960–1989



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

ponts et de ballastières (lieux d'où l'on extrait des matériaux de construction). Également, à la fin de sa vie utile, l'automobile finit comme déchet ou ferraille. Chaque étape a ses propres impacts environnementaux.

L'automobile illustre la difficulté de réduire les impacts environnementaux liés à l'utilisation de l'énergie. Elle a exercé une influence énorme sur le paysage urbain en Amérique du Nord, stimulant une forte croissance des banlieues de faible densité, particulièrement après la Deuxième Guerre mondiale. Ce mode de développement, caractérisé par de grandes distances entre la maison, le travail et les services, favorise automatiquement l'automobile en rendant les modes de transport concurrentiels non rentables ou peu pratiques. L'utilisation de la voiture particulière pour les déplacements quotidiens entre la maison et le lieu de travail a donc tendance à être inversement proportionnelle à l'intensité de l'utilisation des terres, mesurée par le nombre de personnes et d'emplois au kilomètre carré. Comme l'automobile fait maintenant partie intégrante de notre mode de vie, il est très difficile d'implanter des politiques visant à réduire les impacts environnementaux de cette dernière. Selon Statistique Canada (1991), plus de 84 % des ménages canadiens déclaraient des dépenses liées à l'entretien de voitures particulières en 1986, et les déplacements en voiture représentent maintenant 80 % de tous les déplacements interurbains.

L'analyse du cycle de l'électricité et des autres combustibles déboucherait sur le même genre d'observations. Presque tous les aspects du secteur de l'énergie peuvent avoir des effets dommageables sur l'environnement. Dans la pratique, la technologie et les méthodes préventives permettent de réduire un grand nombre de ces effets de façon que les impacts nets soient généralement acceptables par la société. Cependant, comme il ressort du débat public animé des 20 dernières années sur l'utilisation du nucléaire, le réchauffement global et l'aménagement de pipelines dans les régions septentrionales, de grands barrages et de réservoirs hydroélectriques, la nature et l'ampleur des risques environnementaux inhérents aux diverses techniques énergétiques demeurent un sujet très controversé.

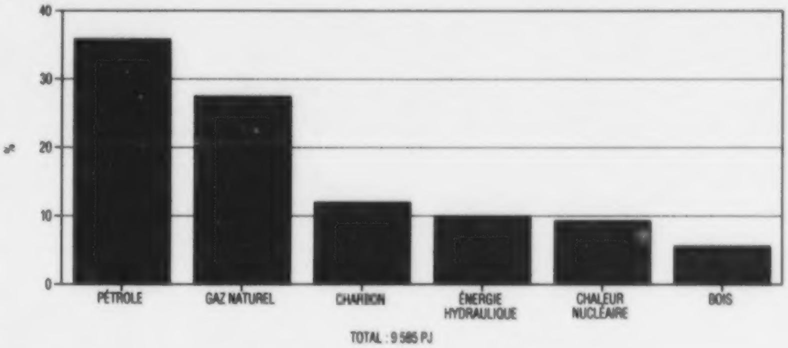
La présente section porte sur la dégradation de l'environnement associée à la production, au transport et à l'utilisation de l'énergie.

Les combustibles fossiles

Le Canada tire les trois quarts de son énergie primaire du pétrole, du gaz naturel et du charbon, collectivement appelés combustibles fossiles en raison

FIGURE 12.6

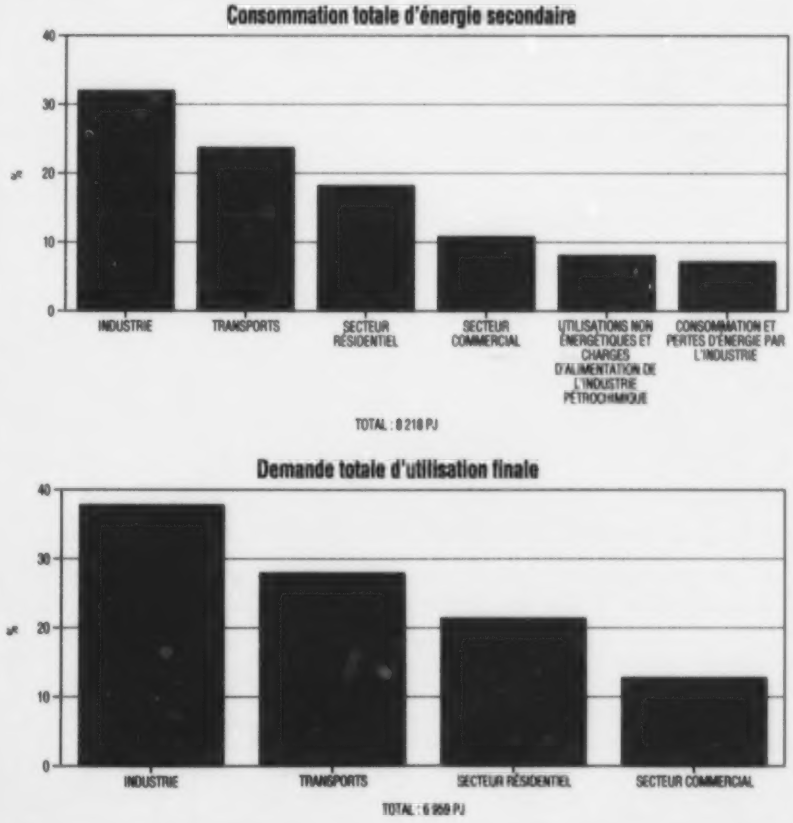
Demande intérieure d'énergie primaire au Canada en 1989, par source



Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

FIGURE 12.7

Consommation totale d'énergie secondaire et demande totale d'utilisation finale au Canada en 1989, par secteur



Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

de leur origine géologique : ils se sont formés par suite de l'accumulation et de la transformation chimique de la matière organique dans la roche sédimentaire pendant des millions d'années. Les combustibles fossiles sont une source de préoccupations toute particulière en raison de leur importante contribution aux émissions de « gaz à effet de serre » et, par conséquent, au changement climatique planétaire.

L'utilisation des combustibles fossiles a trois grands types d'impacts sur l'environnement :

1. Au point de *production*, les problèmes environnementaux associés aux combustibles fossiles ont principalement trait à l'utilisation des terres, notamment la perturbation physique des terres (p. ex., sur un site minier), les conflits avec les autres types d'utilisation (p. ex., l'exploration pétrolière dans un important habitat faunique) et les risques pour les valeurs environnementales locales (p. ex., les déversements d'hydrocarbures).

2. Au chapitre du *transport*, le pétrole brut présente plus de risques pour l'environnement que les autres principaux combustibles fossiles (charbon et gaz naturel). Comme le pétrole est le produit qui fait l'objet du commerce le plus intensif dans le monde, il y souvent eu des déversements en cours de transport, parfois avec des résultats désastreux.

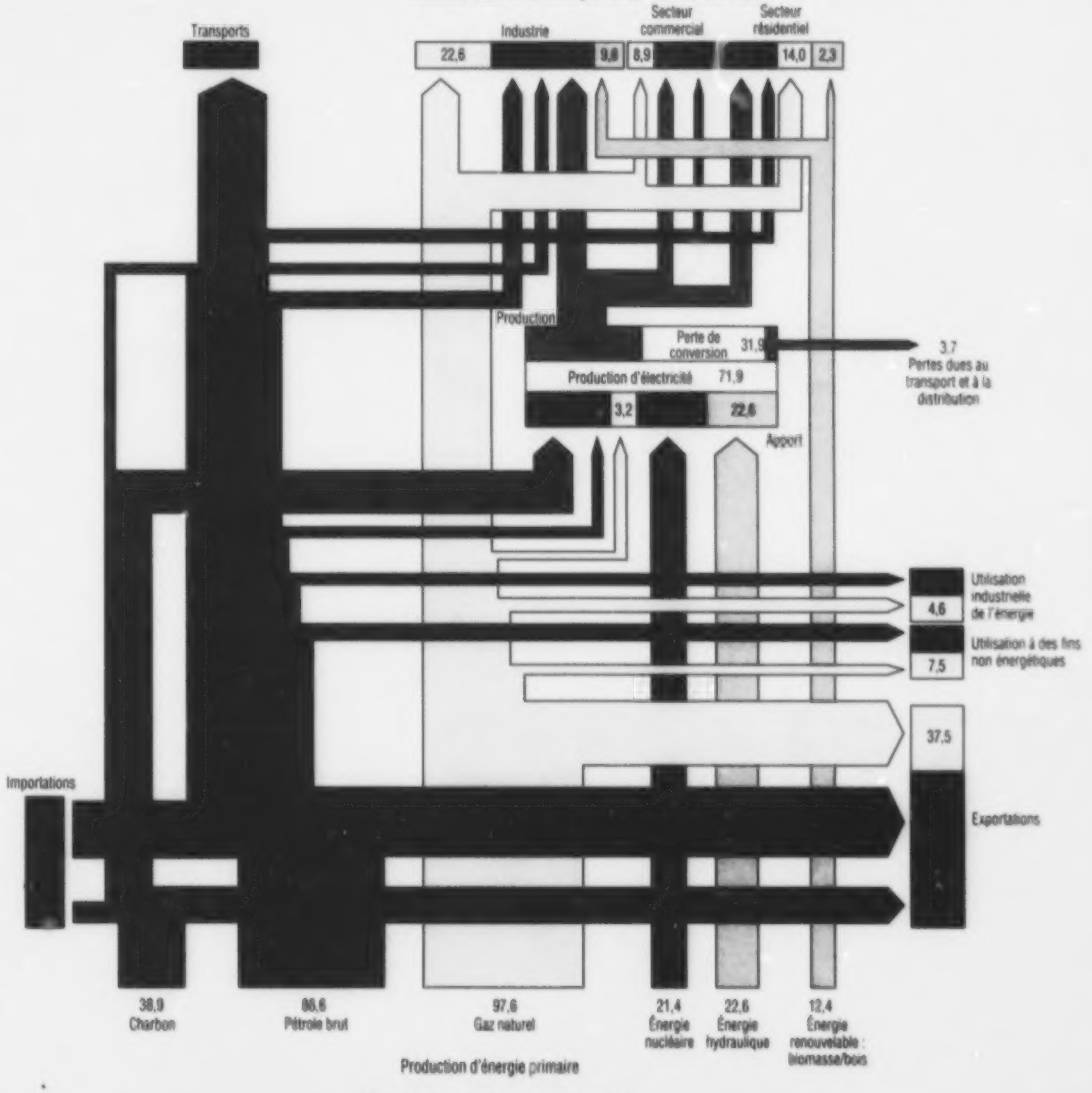
3. En ce qui a trait au point de *consommation*, les problèmes environnementaux sont principalement d'ordre atmosphérique. La combustion de combustibles fossiles produit une grande variété d'émissions, notamment du dioxyde de carbone (une des principales causes du réchauffement planétaire), du dioxyde de soufre et des composés azotés (les plus importants précurseurs des dépôts acides), du monoxyde de carbone, des composés organiques volatils et des matières particulaires (qui influent tous sur la qualité de l'air en milieu urbain). Bien que ces polluants soient rejetés à l'origine dans l'atmosphère, ils finissent souvent dans les écosystèmes aquatiques où ils peuvent causer des dommages considérables.

FIGURE 12.8

Flux énergétiques au Canada, 1989

Le diagramme des flux énergétiques en 1989 illustre la grande versatilité des combustibles fossiles. Le pétrole lourd (rouge) est d'abord traité dans des raffineries, où il est converti en essence, en carburant diesel et en carburant aviation aux fins de son utilisation la plus importante, le transport. Tant le pétrole que le gaz naturel (jaune) sont largement utilisés par des consommateurs industriels, résidentiels et commerciaux comme source d'énergie, de même que comme charge d'alimentation à des fins non énergétiques : fabrication de produits chimiques, de plastiques, d'engrais, etc. Seule une petite proportion sert à la production d'électricité.

La majorité du charbon consommé au Canada sert à la production d'électricité. Toutefois, un pourcentage très élevé du pétrole, du gaz et du charbon produits au Canada est exporté. L'énergie hydraulique et l'énergie nucléaire constituent 16 % de l'approvisionnement en énergie primaire. La combustion du bois à des fins industrielles et résidentielles représente 4 % de l'approvisionnement total en énergie primaire.



(Millions de tonnes d'équivalent pétrole par année)

Remarque : Schéma adapté de Davis (1990). Les données ont été arrondies et ne tiennent pas compte des sources d'énergie représentant moins de 1 % du total des apports (p. ex., biomasse/bois pour la production d'électricité) ou de la production énergétiques (p. ex., utilisation résidentielle du charbon).

Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

TABLEAU 12.4

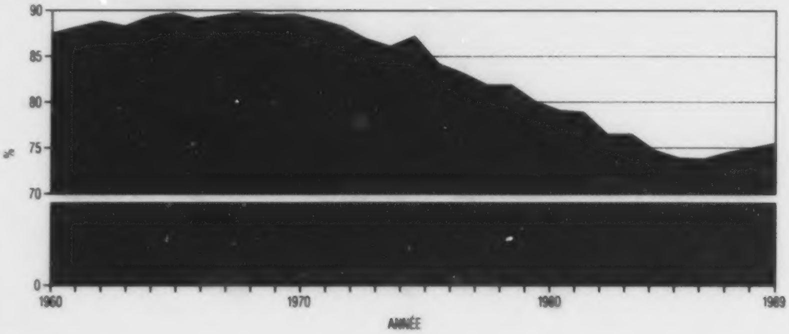
L'énergie et l'automobile

Activité et infrastructure	Année	
Extraction et raffinage[a,b]	**1989**	**1980**
•puits de pétrole productifs	38 000	23 000
•puits de pétrole forés chaque année	2 000 (1990)	1 450 (1986)
•raffineries de pétrole	29 (1990)	37
Distribution[c]	**1989**	**1984**
•oléoducs (km)	34 862	31 894
•stations de pompage	257	223
Livraison[d]	**1987**	–
•stations-service	18 878	–
•nombre estimatif des citernes souterraines dans les stations-service	75 512	–
Utilisation[e]	**1988**	**1980**
•nombre estimatif de voitures particulières	8 157 000	7 128 000
Service offert[e]	**1988**	**1980**
•distance parcourue (en milliers de kilomètres)	141 000	116 350
•distance parcourue par véhicule (km)	17 383	16 322
•consommation par véhicule (L)	2 087	2 688
•rapport carburant/consommation (L/100 km)	12,0	16,5
Infrastructure[f]	**1988/89**	**1985**
•routes principales fédérales (km)	14 735	13 837
•routes principales provinciales/territoriales (km)	277 268	267 979
•routes principales municipales (km)	598 528	579 652
•total des routes principales (km)	879 530	861 468
•carburant consommé (total, millions de litres)	17 020 (1988)	19 160 (1980)

[a] Association pétrolière du Canada, 1991.
[b] Office national de l'énergie, 1991*a*.
[c] Statistique Canada, 1985, 1989.
[d] Environnement Canada, 1988*b*.
[e] Statistique Canada, 1991*b*.
[f] Association des transports du Canada, 1990.

FIGURE 12.9

Importance des combustibles fossiles dans la demande d'énergie primaire, 1960–1989



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

Toutes ces émissions ont été réduites sauf dans le cas dioxyde de carbone, pour lequel il n'existe actuellement aucune technique viable de réduction.

Il y a eu un net recul des combustibles fossiles dans l'énergie primaire au Canada entre 1970 et 1985 (figure 12.9). Ce recul est attribué à plusieurs facteurs, y compris des hausses des prix du pétrole au pays et la forte croissance de l'énergie hydroélectrique et nucléaire. L'augmentation de la part des combustibles fossiles dans la demande d'énergie primaire au cours des deux dernières années a coïncidé avec une baisse des prix du pétrole.

Plus de 70 % de nos besoins énergétiques sont encore tributaires des combustibles fossiles. En raison de leur accessibilité, de leur souplesse d'utilisation, de leur capacité de conversion et de notre dépendance à leur égard en matière de transport et de chauffage, ils resteront essentiels pendant plusieurs décennies encore. Il faut donc poursuivre la recherche en vue de mettre au point des techniques qui atténueront leurs effets sur l'environnement.

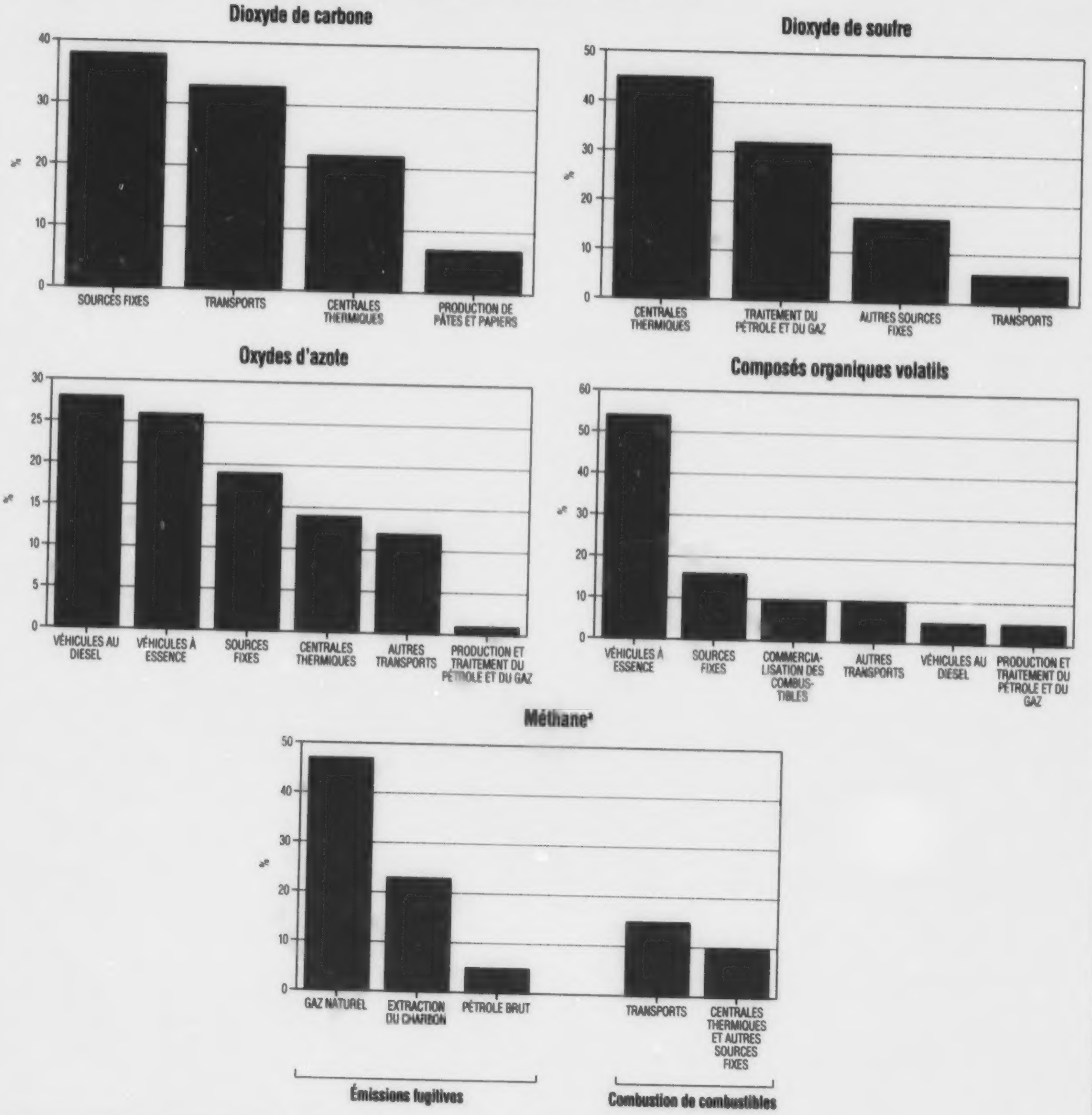
Les émissions atmosphériques

Vu sa mobilité et sa masse relativement faible, l'atmosphère est très vulnérable aux transformations à grande échelle. Les trois problèmes majeurs de pollution atmosphérique planétaire — le réchauffement global, l'acidification du milieu et la pollution de l'air en milieu urbain associée à l'ozone de la basse troposphère — sont attribuables en grande partie à la combustion de combustibles fossiles. Les principales émissions résultant de la production, du transport et de l'utilisation des combustibles fossiles sont le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les composés azotés (oxydes d'azote et oxyde nitreux), le méthane, les composés organiques volatiles et les matières particulaires (p. ex., la suie de carbone). La figure 12.10 montre les sources sectorielles de ces émissions.

De récentes évaluations qui comparent la contribution relative des émissions gazeuses du secteur énergétique et

FIGURE 12.10

Sources émettrices de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils et de méthane liées à l'énergie au Canada, 1985

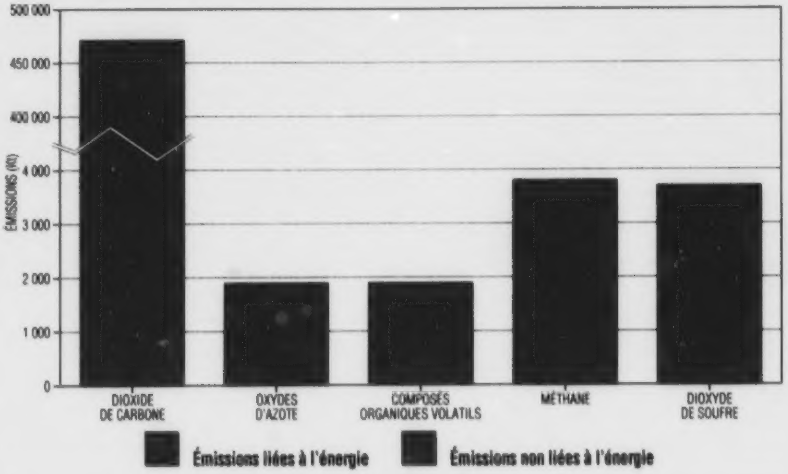


[a] Dans le cas du méthane, l'évaluation des sources est celle de 1987.

Source : Jaques, 1990, 1991; Kosteltz et Deslauriers, 1990.

FIGURE 12.11

Émissions canadiennes de gaz liées à l'énergie et provenant de sources anthropiques[a]

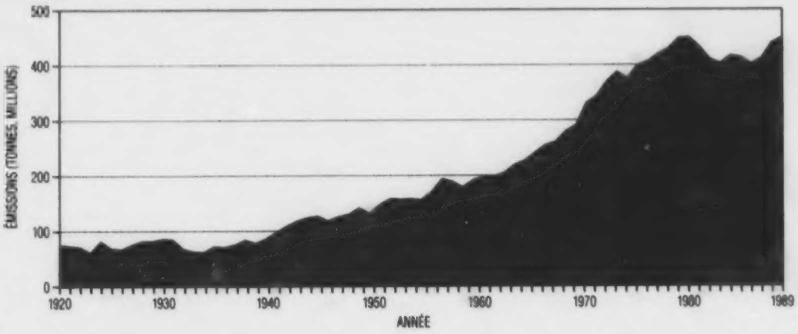


[a] Les émissions estimatives représentent les données récentes d'Environnement Canada (Jaques, 1990, 1991; Kosteltz et Deslauriers, 1990). Elles sont le résultat de calculs faits à l'aide de divers modèles plutôt qu'à partir de mesures réelles.

Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

FIGURE 12.12

Émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie au Canada, 1920–1989



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

celles du secteur non énergétique confirment le rôle dominant du secteur de l'énergie en tant que source d'émissions anthropiques présentant un risque pour l'environnement (figure 12.11). Le secteur énergétique produit la majeure partie des émissions anthropiques de dioxyde de carbone (92 %), d'oxydes d'azote (95 %) et de composés organiques volatils (60 %). Il est à l'origine d'environ 45 % des émissions de dioxyde de soufre et de 16 % des émissions de méthane.

Le changement climatique

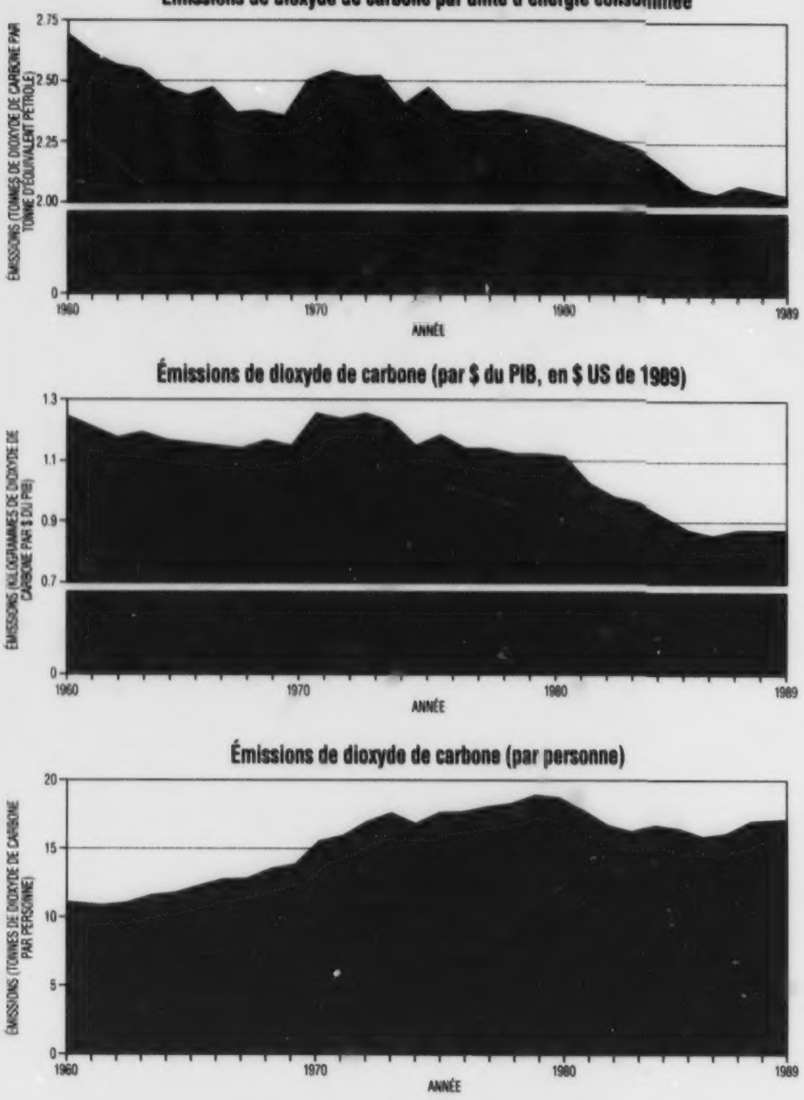
La consommation d'énergie contribue directement à la formation de trois gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone, l'oxyde nitreux et le méthane. Le dioxyde de carbone est, de loin, le gaz à effet de serre le plus important émis au Canada. À l'échelle de la planète, il représente environ 55 % des émissions anthropiques contribuant au réchauffement planétaire (voir la figure 2.12 et le chapitre 22). D'un point de vue sectoriel, les transports, les centrales thermiques et les sources fixes de combustion (chaudières industrielles, chauffage résidentiel et commercial) produisent la majeure partie des émissions de gaz à effet de serre au Canada.

Les émissions de dioxyde de carbone ont augmenté de façon constante au Canada. Entre 1920 et 1989, les émissions liées à l'énergie ont augmenté d'environ 500 % (figure 12.12). Le rythme s'est accéléré après 1945, parallèlement aux poussées de la croissance économique et de l'utilisation de combustibles fossiles. À l'échelle planétaire, les émissions anthropiques de dioxyde de carbone ont plus que triplé depuis 1950 (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991); le Canada ne génère que 2 % des émissions mondiales de ce polluant (voir le chapitre 22).

Le Canada produit relativement peu de dioxyde de carbone par unité de demande énergétique. La figure 12.13 montre les émissions de dioxyde de carbone par rapport à l'énergie primaire (en tonnes d'équivalent pétrole). La tendance à long terme de ces émissions, par rapport à la croissance économique, est à la baisse grâce à l'utilisation plus efficace de l'énergie et aux conversions au gaz naturel, à l'hydroélectricité et à l'énergie nucléaire. Cette tendance a cependant des limites, à moins qu'il y ait une augmentation constante de l'énergie hydroélectrique et nucléaire. Il est encore possible d'améliorer, bien que de façon modeste, le rapport dioxyde de carbone — intensité énergétique au Canada. D'ailleurs, l'intensité des émissions de dioxyde de carbone s'est de nouveau accrue au cours des cinq dernières années, après une baisse de 24 % au cours de la période de 1980 à 1986 (Office national de l'énergie, 1991*b*). La consommation plus grande de produits pétroliers est en partie responsable de cette augmentation.

FIGURE 12.13

Émissions de dioxyde de carbone et consommation d'énergie, 1960–1989



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

Malgré la production canadienne relativement faible de dioxyde de carbone par unité d'énergie consommée, la production d'énergie est élevée par rapport à la population et à l'économie du Canada (figure 12.13). Au sein de l'Organisation de coopération et de développement économiques, le Canada est le deuxième pays par habitant et le sixième par unité de PIB pour ce qui est de l'importance des émissions (Organisation de coopération et de développement économiques, 1991). Pour réduire davantage les émissions totales de dioxyde de carbone, il faudra progresser au niveau du rendement énergétique, des économies d'énergie, de l'exploitation de sources d'énergie renouvelables et des techniques visant à éliminer les émissions de ce polluant à la source.

Comme on prévoit que la demande d'énergie va continuer de croître si le statu quo est maintenu, le Canada peut s'attendre, dans les années 1990, que ses émissions de gaz à effet de serre augmentent et que les émissions de dioxyde de carbone progressent en moyenne de 1,6 % par année entre 1990 et l'an 2000. D'après ce scénario, les émissions totales en l'an 2000 dépasseraient de 17 % le niveau de 1990 (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*a*). Le gel des émissions de dioxyde de carbone à leur niveau de 1990 entraînerait donc une diminution de 17 % des émissions prévues en l'an 2000. La réduction de la demande d'énergie nécessaire pour atteindre un tel objectif serait de plus ou moins 17 % selon la combinaison des combustibles économisés (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1990*a*).

Avec sa grande masse continentale, sa diversité écologique et sa faible densité démographique, le Canada pourrait peut-être, plus facilement que bien d'autres pays, s'adapter aux changements environnementaux provoqués par le réchauffement planétaire. Toutefois, les risques que présente un réchauffement incontrôlé sont aussi graves pour le Canada que pour le monde dans son ensemble (Gouvernement du Canada, 1990). En outre, compte tenu de l'interdépendance des systèmes écologiques, économiques et socio-politiques, le Canada serait sans doute également touché par des perturbations provoquées par les changements climatiques en d'autres points du globe.

On n'a encore adopté ni limite ni calendrier visant à stabiliser les émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre. Le gouvernement s'est cependant engagé à plafonner ces émissions à leur niveau de 1990 d'ici l'an 2000. Les gouvernements fédéral et provinciaux élaborent actuellement une Stratégie d'action nationale sur le

réchauffement climatique, qui aborde les problèmes du changement climatique selon une méthode comportant trois parties :

- limiter les émissions nettes des gaz à effet de serre;
- prévoir les effets possibles d'un réchauffement planétaire et s'y préparer; et
- améliorer nos connaissances scientifiques et accroître les capacités prévisionnelles en ce qui a trait au changement climatique (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990*a*).

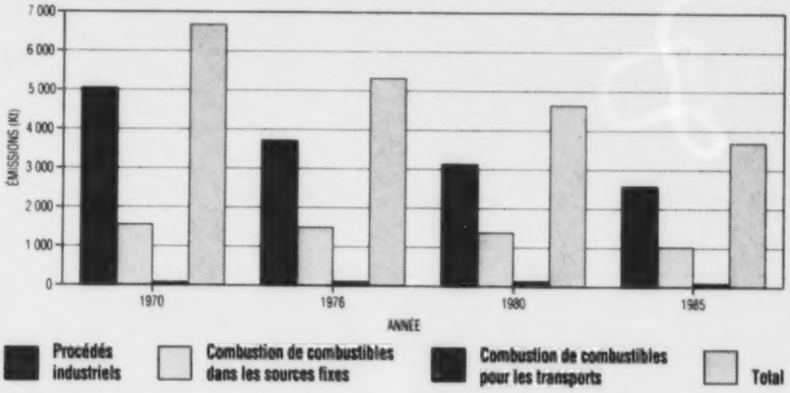
La section portant sur l'ozone de la basse troposphère fait état des mesures visant à réduire les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatiles.

Dans le domaine clé de la limitation des gaz à effet de serre, la stratégie mettra l'accent sur l'amélioration du rendement énergétique et sur la promotion de sources énergétiques de substitution moins carbonées. D'autres aspects visant à limiter les gaz comprennent l'aménagement de peuplements forestiers, la modification des pratiques agricoles et l'élimination graduelle des CFC. La stratégie propose des mesures individuelles de la part du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux et territoriaux ainsi que des accords bilatéraux avec le gouvernement fédéral.

À l'échelle internationale, le Canada poursuivra les négociations en vue d'une convention internationale cadre sur le changement climatique et l'adoption de protocoles obligatoires appropriés d'ici 1992. Dans le cadre de la convention, il cherchera à établir une entente sur des cibles et des calendriers en vue de réduire les émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre. Les engagements actuels de divers gouvernements nationaux dans ce domaine sont indiqués au tableau 22.8 (chapitre 22).

FIGURE 12.14

Émissions de dioxyde de soufre au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada, 1986; Kosteltz et Deslauriers, 1990.

Les dépôts acides

Les émissions de dioxyde de soufre et, à un degré moindre, d'oxydes d'azote résultant de la fonte des métaux et de la combustion des combustibles sont la principale cause des dépôts acides (communément appelées pluies ou précipitations acides). Ces dépôts menacent les forêts, le tourisme et l'agriculture dans l'est du Canada et causent des dommages évalués à un milliard de dollars par année (Gouvernement du Canada, 1990). On estime également à plus de 15 000 le nombre de lacs déjà acidifiés et à environ 15 millions le nombre d'hectares de forêts de feuillus et de forêts mélangées qui ont connu un déclin ou un dépérissement en raison de divers facteurs, les dépôts acides étant le plus important d'entre eux. Le taux de corrosion des monuments, des immeubles et des matériaux correspond étroitement à l'acidité des précipitations, et l'on pense que les dépôts acides contribuent à des troubles respiratoires comme la bronchite et l'asthme (voir le chapitre 24 pour une évaluation complète des répercussions des dépôts acides.)

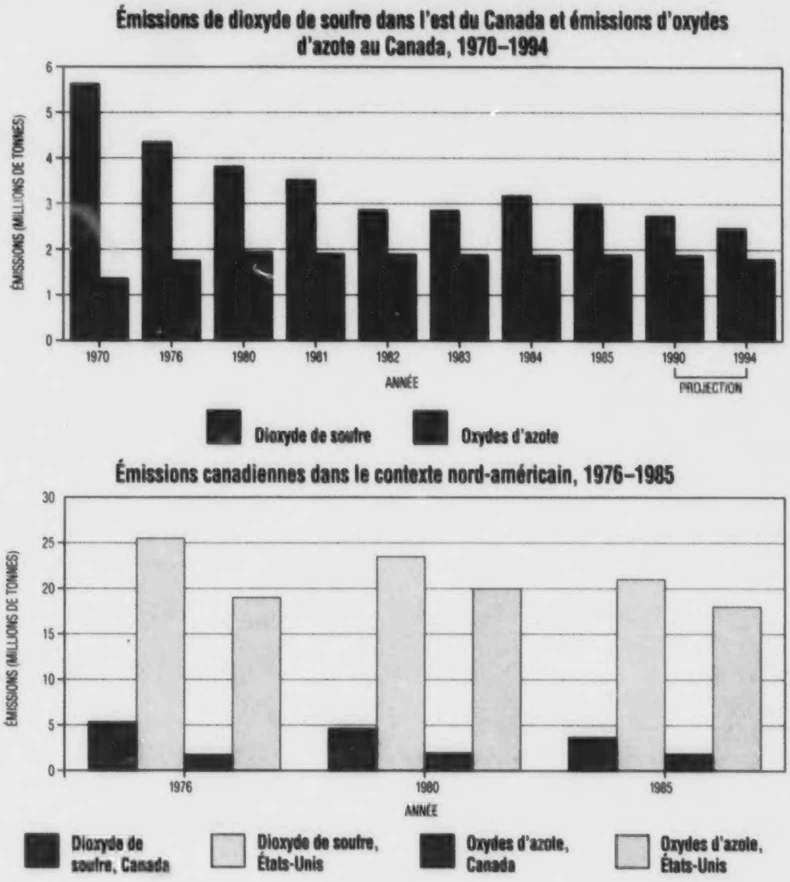
Dans l'ensemble, les émissions canadiennes de dioxyde de soufre ont diminué de 45 % entre 1970 et 1985, passant de 6,7 à 3,7 millions de tonnes (Kosteltz et Deslauriers, 1990). En 1987, les émissions de dioxyde de soufre étaient évaluées à 3,01 millions de tonnes (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990). La majeure partie de la baisse obtenue jusqu'à présent est due à des mesures plus strictes appliquées aux fonderies (voir le chapitre 11). À cause des vents dominants, plus de la moitié des dépôts acides dans l'est du Canada proviennent des rejets de gaz acides aux États-Unis.

En 1985, les émissions de dioxyde de soufre liées à l'énergie s'élevaient à 1 614 kt en 1985, soit environ 44 % de l'ensemble des émissions canadiennes cette année-là. La combustion de combustibles fossiles dans les transports et les sources fixes (comme les centrales thermiques, les raffineries et l'industrie) rejette 1 112 kt de dioxyde de soufre, soit 30 % du total canadien. Le reste vient de l'extraction et du traitement du pétrole et du gaz naturel. La production d'énergie (principalement d'électricité dans des centrales au charbon) représente 738 kt de ce total, soit 20 % (figure 12.14). Aucun de ces chiffres n'inclut les émissions de dioxyde de soufre à la tête de puits (Kosteltz et Deslauriers, 1990).

L'est du Canada est à l'origine de 585 des 738 kt de dioxyde de soufre émis au Canada par la production d'énergie. Ces émissions proviennent principalement des centrales électriques de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick et de

FIGURE 12.15

Émissions de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote



Source : Groupe de travail sur les indicateurs, 1991.

la Nouvelle-Écosse. En Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique, elles résultent surtout de la production de pétrole et de gaz, de l'affinage des métaux et de l'activité des centrales thermiques au charbon.

La figure 12.15 résume les émissions de dioxyde de soufre dans l'est du Canada et les émissions d'oxydes d'azote dans tout le Canada de 1970 à 1985, avec des projections jusqu'en 1994. La portion inférieure de la figure compare les émissions canadiennes et celles des États-Unis. Bien qu'elles contribuent à l'acidité des précipitations, les émissions d'oxydes d'azote ne sont pas considérées comme une cause majeure de l'acidification des eaux de surface dans l'est du Canada (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990).

Pour faire face au problème plus aigu des dépôts acides dans l'Est, le gouvernement canadien et les sept provinces à l'est de la Saskatchewan ont mis sur pied en 1985 le Programme de lutte contre la pollution dans l'est du Canada en ce qui a trait aux émissions de dioxyde de soufre et établi des cibles et des calendriers précis en 1987 et 1988. Le Programme a fixé une cible globale de 2 300 kt pour les émissions de dioxyde de soufre d'ici la fin de 1994, soit une diminution d'environ 50 % par rapport au niveau de base de 1980, qui était de 4 516 t (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, 1990).

Les efforts ont été concentrés sur les principales sources, comme les fonderies de métaux non ferreux et les centrales thermiques alimentées aux combustibles fossiles, où il est possible de réaliser les réductions les plus importantes et les plus rentables. Les données de 1987 sur les émissions de dioxyde de soufre (les plus récentes qui aient été publiées) indiquent que le programme a déjà atteint environ 65 % de son objectif, soit la réduction des émissions à 2 300 kt (Environnement Canada, 1991). L'essentiel de cet objectif a été réalisé dans les six fonderies de métaux et une installation de frittage du minerai de fer. Cependant, les services provinciaux d'électricité de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse sont responsables de la mise en oeuvre d'une importante partie du programme (tableau 12.5). Ontario Hydro, par exemple, doit stabiliser ses émissions annuelles de dioxyde de soufre à 175 kt d'ici 1994, soit une réduction de 60 % par rapport à ses émissions record.

Ontario Hydro a réduit ses émissions de dioxyde de soufre en privilégiant les centrales nucléaires plutôt que les centrales au charbon, en utilisant du combustible à faible teneur en soufre et, dans certains cas, en important de l'électricité. La productivité des réacteurs nucléaires de l'Ontario a cependant diminué ces dernières années et, malgré des efforts initiaux de conservation, les charges ont continué d'augmenter. La compagnie a donc opté pour l'installation de systèmes de désulfuration des gaz de combustion, en commençant par les dépoussiéreurs de sa centrale de Lambton en 1994. Entretemps, on installe de l'équipement de dépoussiérage des gaz de combustion à Lambton et à Nanticoke pour permettre l'utilisation de charbon à très faible teneur en soufre. Le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse prévoient utiliser davantage le charbon à faible teneur en soufre et construire des installations de pointe : la centrale thermique de Belledune, au Nouveau-Brunswick, équipée d'un dépous-

TABLEAU 12.5

Émissions de dioxyde de soufre (kt) et limites : production énergétique dans l'est du Canada

Province	1980 (année de base)	1985	1987	Limites des émissions des compagnies d'électricité en 1994
Manitoba	2,8	3,5	4,0	
Ontario	397,8	337,0	332,0	175
Québec	1,3	0,4	–	
Nouveau-Brunswick	122,3	94,0	158,0	130
Nouvelle-Écosse	125,2	130,0	135,0	160
Île-du-Prince-Édouard	2,0	2,0	3,0	
Terre-Neuve	18,0	22,0	20,0	
Total pour l'est du Canada	**669,4**	**588,9**	**652,0**	

Remarque : Au Manitoba et au Québec, la production d'électricité thermique n'est pas une source majeure d'émissions de dioxyde de soufre. À l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve, les émissions résultant de la production d'énergie varient selon les besoins de la production provinciale d'électricité thermique. Les chiffres des émissions de 1987 proviennent des rapports provinciaux produits dans le cadre des accords fédéraux-provinciaux.

Source : Environnement Canada, 1991.

siéreur, et la centrale thermique de Point Aconi, en Nouvelle-Écosse, équipée d'un lit fluidisé, élimineront plus de 90 % des émissions de dioxyde de soufre.

Si la désulfuration des gaz de combustion des centrales thermiques améliore la qualité de l'air, elle crée malgré tout un problème éventuel de gestion des déchets. Ontario Hydro estime que, dans une seule de ses centrales thermiques, ce procédé produira 200 000 t de gypse par année à partir de 1994. La société cherche à commercialiser ce gypse auprès des producteurs nord-américains de panneaux de revêtement. De même, la combustion du charbon dans les centrales thermiques entraîne une accumulation de grandes quantités de cendres de charbon, soit plus de 1 million de tonnes en 1989 chez Ontario Hydro. Celle-ci vend environ le quart de ces cendres comme matière première pour la fabrication du ciment ou pour la construction routière. Le reste est mis en décharge (Ontario Hydro, 1990).

Aux termes de l'Accord sur la qualité de l'air qu'il a conclu avec les États-Unis, le Canada doit stabiliser ses émissions nationales de dioxyde de soufre à 3,2 Mt par année d'ici l'an 2000. Les gouvernements fédéral et provinciaux ont entrepris des négociations en vue d'un programme élargi de lutte contre les émissions de dioxyde de soufre, qui remplacera les accords actuels après 1994.

L'ozone de la basse troposphère

L'ozone de la basse troposphère, une des principales composantes du smog urbain, constitue actuellement l'un des plus graves problèmes de qualité de l'air au Canada. Il est le produit de deux polluants précurseurs, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, qui réagissent dans l'atmosphère en présence de la lumière du Soleil.

Bien que les problèmes liés à l'ozone soient généralement plus graves en milieu urbain, ils n'y sont pas limités. De vastes zones rurales éloignées des grands centres sont touchées par l'ozone, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils qui y sont transportés par le vent. En été, plus de la moitié des Canadiens sont régulièrement exposés à des concentrations d'ozone dont on sait qu'elles sont nocives. L'exposition à des concentrations élevées est le plus prononcée dans la vallée inférieure du Fraser en Colombie-Britannique, dans le corridor Windsor–Québec en Ontario et au Québec, et dans le sud de la région de l'Atlantique (Saint-Jean au Nouveau-Brunswick et Halifax en Nouvelle-Écosse). On sait également que l'ozone cause d'importants dommages aux récoltes et aux autres formes de végétation dans certaines parties du Canada (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990*b*).

Les combustibles fossiles utilisés par le secteur de l'énergie sont la source de 95 % des émissions d'oxydes d'azote et de 60 % des émissions de composés organiques volatils (figure 12.10). Entre 1970 et 1985, les émissions d'oxydes d'azote ont augmenté d'environ 43 % en raison d'une plus forte demande d'énergie pour les transports.

Les oxydes d'azote sont libérés surtout au moment de la combustion des combustibles fossiles. Pour leur part, les composés organiques volatils sont rejetés durant la production, le transport, l'entreposage et la combustion des produits pétroliers, par divers procédés industriels et par l'évaporation de solvants et de produits chimiques organiques. Bien que les oxydes d'azote et les composés organiques volatils proviennent de nombreuses sources différentes, les véhicules fonctionnant à l'essence et au diesel produisent, respectivement, 54 % et 59 % de ces émissions (voir la figure 12.11).

À l'échelle nationale, on estime que les émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils augmenteront d'environ 6 % entre 1985 et 2005 si aucune nouvelle mesure de réduction n'est mise en place (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990*b*). Les secteurs des transports et de la production d'électricité (dans les cas où les combustibles fossiles ne constituent qu'une source marginale d'approvisionnement) représentent les principales possibilités de réduction de ces émissions. Un autre facteur permettant de déterminer quels secteurs sources il faut cibler est la variation entre les régions dans leur contribution aux émissions d'oxydes d'azote ou de composés organiques volatils produites par des secteurs donnés.

En 1990, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a présenté un plan de gestion pour les dioxydes

d'azote et les composés organiques volatils définissant la première des trois phases d'un programme visant à résoudre les problèmes d'ozone de la basse troposphère d'ici 2005. Ce plan consiste en trois éléments principaux :

1. Un programme national de prévention basé sur l'application de la meilleure technique de lutte existante d'application rentable aux nouvelles sources mobiles et fixes d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils.

2. Des cibles provisoires (1995 et 2000) de réduction des émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils pour trois zones désignées en raison du non-respect des objectifs relatifs aux concentrations d'ozone : la vallée inférieure du Fraser, le corridor Windsor–Québec et la région de Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick (à négocier dans le cadre d'ententes fédérales-provinciales).

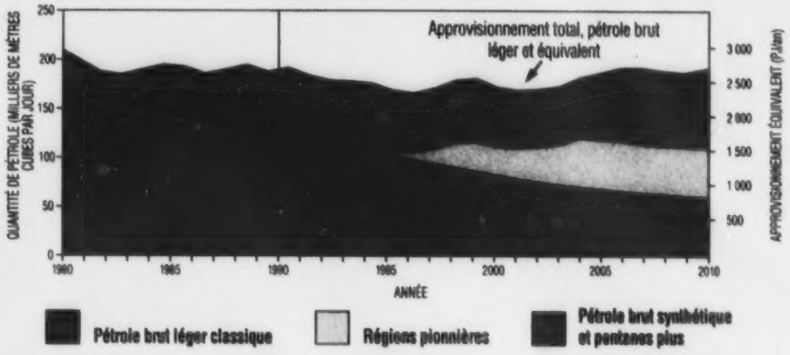
3. Un programme d'études et d'enquêtes visant à fournir l'information nécessaire pour fixer les cibles des émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils dans les zones de non-respect des objectifs relatifs aux concentrations d'ozone pour les années 2000 et 2005 (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990*b*).

On s'attend que, d'ici 2005, les émissions nationales d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils soient respectivement de 11 % et 16 % inférieures aux niveaux de 1985, avec des réductions d'environ 25 à 40 % dans les régions où les normes sont le moins respectées.

En vertu de l'Accord canado-américain sur la qualité de l'air signé en 1991, les émissions d'oxydes d'azote seront réduites dans les deux pays grâce à des mesures de réduction imposées aux sources fixes (les émissions d'oxydes d'azote des sources fixes canadiennes seront réduites de 100 kt de plus que le niveau prévu de 970 kt en l'an 2000) et

FIGURE 12.16

Approvisionnement en pétrole brut léger et approvisionnement équivalent, 1980–2010



Remarque : Les données sont cumulatives.
Source : Office national de l'énergie, 1991*b*.

l'application au milieu des années 1990 de normes plus strictes pour les émissions des véhicules.

L'utilisation des terres

L'exploitation des réserves classiques de pétrole et de gaz

En 1986, l'Alberta et la Saskatchewan produisaient 96 % du pétrole brut canadien (82 % pour l'Alberta à elle seule). La situation est semblable en ce qui a trait au gaz naturel. Vers la fin des années 1980, environ 87 % du gaz naturel du Canada était produit par l'Alberta et 12 %, par la Colombie-Britannique et la Saskatchewan (Swatridge et Wright, 1990). Jusqu'à présent, plus de 130 000 puits d'exploration et de développement ont été forés en Alberta (Reclamation Research Technical Advisory Committee, 1991).

Les réserves prouvées de pétrole léger du Canada, situées presque entièrement en Alberta, en Saskatchewan et en Colombie-Britannique, ont culminé vers la fin des années 1960 et sont en baisse depuis. Leur production continue nécessitera une exploitation plus intensive des puits existants, notamment un espacement moindre entre chaque puits et des équipements de réinjection. À mesure que les champs productifs s'épuiseront, le Canada devra de plus en plus compter sur des champs de pétrole léger plus petits et plus difficiles à trouver, des réserves non classiques (pétroles lourds et sables bitumineux) et des réserves pionnières (en mer et dans l'Arctique). La figure 12.16 montre l'évolution de l'approvisionnement depuis 1980, avec une projection jusqu'en 2010. Elle montre que le Canada dépendra de plus en plus des réserves non classiques et pionnières pour son approvisionnement en pétrole.

Même s'il est établi que les réserves non classiques sont considérables et que les zones pionnières ont un potentiel important, elles sont demeurées en grande partie inexploitées parce que l'exploration, le forage et le transport coûtent très cher et que leur développement suscite de vives préoccupations d'ordre environnemental et social.

L'exploitation du champ pétrolifère d'Hibernia au large de Terre-Neuve (la mise en production devrait commencer en 1996), du pétrole de la mer de Beaufort et du gaz du delta du Mackenzie ainsi que la construction des infrastructures nécessaires à l'exploitation d'une nouvelle mine de sables bitumineux exigent tous des investissements de plusieurs milliards de dollars. Ce genre de projets fait souvent

craindre pour l'environnement et ce, pour trois raisons :

1. On connaît moins les milieux arctiques et marins — où, de plus en plus, ces projets seront réalisés — que les zones plus tempérées. Il est donc moins facile de prévoir les impacts environnementaux et d'élaborer des stratégies d'atténuation appropriées.

2. Les projets entrepris dans les régions pionnières repoussent souvent les limites des techniques éprouvées. Ils doivent se dérouler dans des conditions environnementales hostiles (p. ex., la présence de glace dans le cas du forage en mer) et l'expérience technique est souvent limitée dans ces cas.

3. Comme ils sont exécutés dans des régions éloignées, ces projets peuvent nécessiter la mise en place d'importantes infrastructures incluant des routes, des pistes d'aviation, des quais, des centres de communication, des habitations de chantier et des génératrices. S'ils ne sont pas surveillés efficacement, les effets environnementaux associés à ces infrastructures peuvent être marquants (p. ex., les pressions accrues sur la faune).

Tous les projets énergétiques qui bénéficient de l'aide financière du gouvernement fédéral, qui touchent un secteur de compétence fédérale ou qui sont menés sur des terres administrées par le gouvernement fédéral (y compris en zone extra-côtière) sont assujettis au Processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, 1987), principal outil de planification et de prévision des répercussions possibles de ces projets sur le milieu naturel. Le processus permet de cerner et d'atténuer les effets indésirables, et permet de modifier ou d'abandonner les projets si d'importants effets dommageables ne peuvent être atténués.

Toutes les provinces productrices disposent de lois régissant les quatre étapes du forage pétrolier et gazier : l'exploration, l'exploitation, la production et l'abandon. Chaque étape peut avoir un impact différent sur l'environnement.

Les répercussions du forage pétrolier sont généralement locales et le plus souvent mineures, quoique leur effet cumulatif puisse être important. Dans certains cas, cependant, même un programme limité d'exploration et d'exploitation peut menacer un habitat faunique vulnérable, surtout en facilitant l'accès des régions jusque-là inaccessibles. Cette menace est particulièrement aiguë là où ces activités coïncident avec une période critique de la vie d'une espèce. Les marées noires, l'élimination des produits chimiques toxiques (boues) utilisés au cours du forage, le compactage des sols, l'utilisation d'herbicides et de stérilisants des sols et le rejet accidentel de gaz acides (gaz naturel contenant du soufre) viennent ajouter aux agressions environnementales associées à l'exploitation pétrolière. La mise en place de l'imposante infrastructure de routes, de lignes d'exploration sismique, de sites d'exploitation, de stations de pompage, de pipelines, d'usines de traitement (pour le gaz) et de campements nécessaires à l'exploitation des champs de pétrole et de gaz naturel stresse elle aussi l'environnement (voir l'encadré 12.2).

L'enfouissement, le terrassement, la compression et l'épandage sont les méthodes classiques d'élimination des déchets de forage. Chacune peut influer sur l'environnement de différentes façons. Par exemple, le terrassement et l'enfouissement des déchets auront probablement un impact moindre sur les sols et les plantes que l'épandage en surface (Reclamation Research Technical Advisory Committee, 1991).

Les stérilisants (herbicides résiduaires qui rendent le sol traité impropre à la croissance des plantes pendant une période relativement longue) sont utilisés sur les sites d'exploitation ainsi que sur les emprises et dans les autres zones industrielles pour y éliminer totalement la végétation. Les zones ainsi traitées peuvent demeurer sans végétation pendant de nombreuses années, selon le type et la quantité de produits chimiques utilisés et le type de sol et les conditions climatiques (Reclamation Research Technical Advisory Committee, 1991).

Outre les agressions et stress susmentionnés, les activités pétrolières et gazières ont un impact direct sur la surface des sols. En Alberta, par exemple, ces activités (à l'exclusion des lignes d'exploration sismique) avaient perturbé environ 2 300 km^2 ou 0,003 % de la superficie de la province en 1990 (C. Powter, ministère de l'Environnement de l'Alberta, communication personnelle). Les statistiques correspondantes des autres provinces et territoires de production ne sont pas disponibles.

Le pétrole lourd et les sables bitumineux

Le terme « sables bitumineux » comprend les dépôts de sable et de grès qui contiennent une concentration élevée d'hydrocarbures bitumineux et à partir desquels du pétrole peut être récupéré par chauffage ou d'autres procédés d'extraction. Tous les gisements de sables bitumineux extractibles au Canada se trouvent dans le nord de l'Alberta. Les deux exploitations commerciales de cette région représentent à elles seules 12 % de la production canadienne de pétrole.

En plus des problèmes environnementaux connus que pose la récupération des gisements classiques, l'extraction du pétrole des sables bitumineux soulève d'autres préoccupations associées aux techniques minières utilisées. L'une de ces techniques est l'extraction de surface : des sables bitumineux sont enlevés et transportés jusqu'à une usine de traitement où le bitume est séparé à l'eau chaude, les résidus étant ensuite éliminés.

Ce genre d'opération minière entraîne une perturbation généralisée du sol en raison des énormes quantités de sable à prélever : en effet, il faut traiter en moyenne 12 t de sable pour produire 1 m^3 de pétrole. De plus, ce type d'extraction exige de très grandes quantités d'eau. Comme cette eau devient fortement contaminée, elle ne peut être rejetée là où elle a été puisée; elle doit plutôt être stockée dans un bassin

Les pipelines

Le Canada dépend du pétrole et du gaz naturel pour satisfaire une grande partie de ses besoins énergétiques. Comme le pays est très vaste et que la population est généralement très éloignée des champs pétrolifères et gaziers, il faut un important réseau de pipelines pour approvisionner les consommateurs. Ce réseau croît parallèlement à la population canadienne. En 1989, sa longueur totale était telle que, placés bout à bout, les principaux oléoducs et gazoducs pourraient faire plus de six fois le tour de la planète (Statistique Canada, 1991). À eux seuls, les gazoducs totalisaient 227 000 km. Depuis 1984, le réseau a progressé de 23 % à l'échelle nationale, plus de la moitié de l'extension se produisant en Alberta et en Saskatchewan (figure 12.E1). En 1989, il y avait 35 000 km de pipelines de pétrole brut, soit une augmentation de 10 % par rapport à 1984, laquelle est encore une fois concentrée pour l'essentiel en Alberta et en Saskatchewan (Statistique Canada, 1991).

Si les oléoducs et les gazoducs avantagent nettement les endroits qu'ils desservent, ils profitent généralement très peu aux régions qu'ils traversent. À l'instar des autres aménagements linéaires, ils peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs aussi bien durant leur construction qu'au cours de leur exploitation. Durant la construction, les principales préoccupations sont la perte ou le compactage de la couche végétale, la destruction de la végétation sur toute la superficie de l'emprise, l'envasement des rivières à l'endroit des traversées, l'excavation de grandes quantités de gravier et la perturbation de la faune ou l'altération de son habitat par les travaux de construction. Dans le cas des 800 km de pipelines entre Sarnia et Montréal, par exemple, une superficie de plus de 15 000 ha a été perturbée malgré le faible diamètre du pipeline (Culley et collab., 1981).

Les principales préoccupations environnementales soulevées par l'exploitation des pipelines sont les fuites de pétrole et les explosions de lignes de gaz à haute pression. Depuis 1960, il y a eu environ une douzaine d'accidents majeurs (pour la moitié des explosions) dans le pipeline TransCanada (Gotlieb, 1991).

D'autres risques environnementaux sont associés à la construction et à l'exploitation des pipelines dans les régions de pergélisol. En ce qui a trait à la construction, il faut absolument s'assurer que le pipeline n'entraîne pas la fonte du pergélisol, particulièrement lorsque celui-ci a une teneur élevée en glace, ni une plus forte congélation des sols, ces deux phénomènes risquant de provoquer la déformation et la rupture de la canalisation et, par voie de conséquence, un déversement. Dans tout le pays, les corridors réservés aux pipelines peuvent également faciliter l'accès des habitats fauniques, augmentant la mortalité due aux pressions accrues de la chasse ou du piégeage ainsi que les risques de perturbation des habitats et leur abandon subséquent.

Aux termes de la plupart des règlements, les pipelines doivent être enfouis de façon que la superficie de l'emprise puisse être restaurée dans son état originel. Les politiques de remise en état ont été améliorées constamment depuis le début des années 1960; maintenant, les procédés utilisés visent à rendre les terres perturbées aussi fertiles qu'avant l'enfouissement du pipeline (Spearman, 1981). Grâce à une surveillance opérationnelle adéquate et à une planification prudente, la plupart des terres perturbées peuvent être restaurées dans leur état naturel. Les pipelines font également l'objet d'une surveillance régulière (détection des fuites) par des aéronefs légers et des hélicoptères.

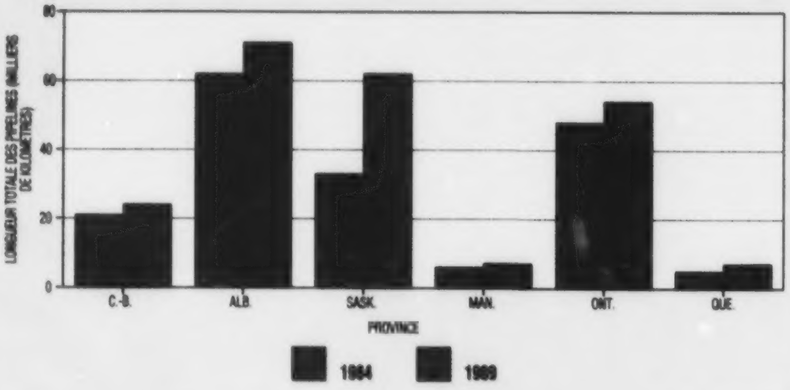
de résidus. À la fin de ses 25 ans de vie utile, on estime qu'une usine type de sables bitumineux produisant 19 900 m^3 de pétrole synthétique par jour (125 000 barils par jour) nécessiterait un bassin d'une superficie de 22 à 31 km^2 contenant quelque 360 millions de mètres cubes de boues. Ces boues, constituées d'un mélange d'eau, de fines particules minérales et de faibles quantités de bitume, conservent normalement la consistance d'une crème épaisse pendant des années, empêchant ainsi la remise en état rapide du terrain. Comme elles contiennent aussi certains composés métalliques et certains acides, elles sont toxiques pour toutes les espèces aquatiques; c'est d'ailleurs pourquoi il faut isoler les bassins de résidus des lacs et cours d'eau naturels. Le bassin de sédimentation est ainsi endigué par des résidus de sable de 55 à 100 m de hauteur (Reclamation Research Technical Advisory Committee, 1991).

L'une des principales préoccupations environnementales a trait au dépôt de boues résiduaires. Nous connaissons mal les propriétés physiques et chimiques de ces boues. Un consortium constitué de Syncrude, de Suncor, du Conseil de recherche de l'Alberta, du ministère de l'Énergie de l'Alberta, de l'Alberta Oil Sands Technology Research Authority, du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie et du Conseil national de recherches a été créé en septembre 1989 pour étudier ce phénomène. Doté d'un budget annuel de 2 millions de dollars, ce projet de recherche est censé prendre fin en août 1992 (*Canadian Environmental Control Newsletter*, 1990).

Les gisements plus profonds de sables bitumineux nécessitent une technique différente : la séparation du bitume à l'aide de procédés d'extraction *in situ* faisant appel à la chaleur, à des solvants, à l'émulsion, à l'action bactérienne ou au craquage thermique. Ce procédé élimine la nécessité de manipuler et de traiter d'énormes quantités de matériaux bitumineux et de se défaire des sables résiduaires. Cependant, le taux de récupération est de beaucoup

FIGURE 12.E1

Pipelines de gaz naturel, 1984 et 1989



Source : Statistique Canada, 1991.

inférieur dans ce cas à celui que l'on obtient en séparant le bitume des sables bitumineux extraits.

L'extraction des sables bitumineux a aussi, sur les eaux souterraines, des effets semblables à ceux des opérations classiques d'exploitation du charbon. Les surfaces des sables bitumineux exposées et le bitume non récupéré des sables traités soumis à l'action des eaux de ruissellement sont des sources d'hydrocarbures paraffiniques et d'autres matières organiques.

Le rythme d'exploitation des sables bitumineux dépendra en grande partie de la hausse des prix mondiaux du pétrole et du partage des risques entre les promoteurs et les gouvernements. L'effet cumulatif des activités industrielles — y compris le développement du secteur des pâtes et papiers — dans le bassin de la rivière Athabasca sera une importante considération environnementale lorsqu'il s'agira de réglementer les futurs projets dans ce domaine.

Les gisements canadiens de pétrole lourd sont concentrés dans une région aux environs de Lloydminster en Alberta et en Saskatchewan. Les déchets pétroliers provenant de l'exploitation des pétroles lourds sont d'ordinaire déversés dans des fosses conçues pour stocker temporairement les déchets pétroliers et autres. Ces déchets sont traités de diverses façons : on extrait et on vend le pétrole, on déverse l'eau dans des puits d'injection profonds et l'on utilise les boues comme dépoussiérant pour les routes et comme matériau de construction de barrage (Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991).

L'extraction du charbon

Le Canada possède de vastes ressources houillères, les plus importantes réserves étant concentrées dans les trois provinces de l'Ouest. Des réserves de moindre envergure en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick sont des sources de charbon métallurgique et de charbon thermique depuis avant la Confédération; certains gisements sont actuellement exploités, principalement pour obtenir du charbon thermique. Comme on peut s'y attendre, l'industrie des charbonnages est concentrée dans l'Ouest canadien; 15 grandes compagnies y produisent 66,5 millions de tonnes de charbon dans 23 mines. Dans l'est du Canada, deux grandes compagnies produisent au total environ 4 millions de tonnes annuellement dans quatre mines (Association charbonnière canadienne, 1989; Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*c*).

Il est cependant peu probable qu'il y ait de nouveaux projets miniers d'envergure dans un proche avenir. À la fin de 1989, 11 projets de mines de charbon dans l'Ouest canadien, d'une capacité annuelle totale de 27,3 millions de tonnes, étaient suspendus pour une période indéfinie dans l'attente d'une amélioration des conditions du marché (Association charbonnière canadienne, 1989). Tous ces projets sont assujettis à des examens environnementaux provinciaux à étapes multiples avant que les opérations puissent débuter. Dans l'Est, la mine Lingan en Nouvelle-Écosse doit bientôt fermer.

Les activités d'extraction, de préparation (nettoyage physique pour éliminer les matières minérales et le soufre inorganique) et de transport du charbon peuvent avoir des répercussions sur l'environnement; le sol peut être perturbé, de même que l'habitat et le comportement migratoire de la faune, la qualité des eaux superficielles et souterraines et la qualité de l'air à l'échelle locale. Depuis le début des années 1970, cependant, d'importants progrès ont été réalisés dans la prise en compte des impacts environnementaux de l'extraction du charbon, ces années ayant été marquées par des affrontements entre les groupes de citoyens, les organismes gouvernementaux et les membres de l'industrie au sujet des pratiques d'exploitation et des projets de mise en valeur de nouvelles mines.

Les impacts les plus marquants viennent de la perturbation des terres causée par l'exploitation en surface dans les provinces de l'Ouest. Toutefois, grâce à une bonne planification et aux programmes parallèles de remise en état des terres, l'industrie a généralement pu restaurer de façon acceptable et, souvent, remettre dans leur état originel les terres des mines à ciel ouvert dans les Prairies. En 1989, on avait remis en état 42 % des terres déjà exploitées à ciel ouvert (16 197 ha) en Alberta et en Saskatchewan (voir le tableau 11.7, chapitre 11).

Les exploitations à ciel ouvert dans les montagnes et les contreforts des Rocheuses en Alberta et en Colombie-Britannique créent non seulement d'immenses amoncellements de stériles dans d'étroites vallées et sur des versants

abrupts, mais également des puits d'extraction profonds et souvent irréguliers desquels on extrait du charbon. Par conséquent, la stabilisation des stériles et l'amélioration de l'aspect visuel des puits d'extraction par des travaux de remblayage et de terrassement et la restauration du couvert végétal se sont révélées un processus à la fois complexe et onéreux en raison de la présence de pentes abruptes érodables, de l'instabilité des stériles, de l'aridité, des courtes saisons de croissance et de l'absence de sols et d'éléments nutritifs. Ces facteurs ont souvent contribué à ralentir ou à limiter la remise en état des terres. En 1989, on avait restauré 44 % des 17 374 ha de mines de charbon à ciel ouvert en Colombie-Britannique et en Alberta (voir le tableau 11.7, chapitre 11). Bien que les habitats fauniques aient été rétablis avec succès dans ces régions, un grand nombre des caractéristiques du terrain ne peuvent être recréées; ainsi, malgré les projets de remise en état qui peuvent atténuer leur impact visuel, de nombreux aspects des changements physiques résultant de l'extraction à ciel ouvert sont permanents.

La remise en état des terres perturbées par les procédés d'extraction minière dans les houillères de l'est du Canada est entravée par la présence de résidus acidogènes dus à leur teneur élevée en soufre (voir le chapitre 11). Au Nouveau-Brunswick, 31 % des 8 100 ha de terres perturbées ont été restaurés.

Les eaux résiduaires des mines de charbon et les bassins de terrils des usines de préparation de l'Ouest canadien doivent, au minimum, respecter les normes provinciales touchant les matières solides en suspension, le fer, le pH et la turbidité. Comme la teneur en soufre de tous les charbons de l'Ouest, à l'exception de petits gisements de l'île de Vancouver, est habituellement inférieure à 0,5 %, l'écoulement minier acide et les métaux dissous dans les eaux résiduaires ne constituent pas un problème dans cette région. Les concentrations élevées d'ammoniac et d'azote attribuables à l'utilisation d'explosifs à base d'ammoniac dans les mines à ciel ouvert de l'est de la Colombie-Britannique ont cependant fait craindre pour la qualité des eaux réceptrices et la protection du biote aquatique. Dans le cadre du programme du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques, le gouvernement fédéral et une compagnie charbonnière de la Colombie-Britannique ont mené un projet de recherche qui a montré que les eaux résiduaires peuvent être traitées efficacement et économiquement dans un réseau de « milieux humides aménagés » afin de réduire leur teneur en azote à des niveaux qui ne nuiront pas au biote aquatique (Norecol Environmental Consultants Ltd., 1990).

Comme le charbon de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick contient entre 2 % et plus de 6 % de soufre, les eaux résiduaires qui proviennent des mines et de la seule usine de préparation dans la région de l'Atlantique et qui ne sont pas déversées directement dans l'océan subissent, avant leur rejet dans des eaux réceptrices naturelles, un traitement qui neutralise l'acidité et précipite les métaux lourds comme l'arsenic et le zinc.

Jusqu'à présent, les complexes d'extraction du charbon et de production d'électricité n'ont pas connu de problème d'approvisionnement en eau dans le sud de la Saskatchewan et de l'Alberta, où les pénuries d'eau sont un phénomène courant. Cependant, il se peut qu'il y ait concurrence avec l'agriculture si des mines et des centrales sont aménagées ultérieurement dans le bassin hydrographique des rivières Oldman — Red Deer dans le sud de l'Alberta et dans les sous-bassins des rivières Souris, Poplar, Swift Current Creek et Frenchman dans le sud de la Saskatchewan (Barrie et Carr, 1988).

Les préoccupations suscitées par la pollution atmosphérique due au transport du charbon avaient principalement trait aux problèmes d'empoussièrement local le long des voies ferrées, entre les mines de l'intérieur de la Colombie-Britannique et de l'Alberta et les ports de la côte du Pacifique, ainsi qu'aux installations de transbordement en Colombie-Britannique et à Sydney, en Nouvelle-Écosse. Pour y remédier, on pulvérise maintenant des scellants à base de latex sur le charbon chargé dans les wagons avant le départ de la mine; en outre, on a utilisé des vaporisateurs d'eau et modifié la configuration des tas de charbon aux terminaux des côtes Est et Ouest.

Les déversements de pétrole dans l'environnement

La nécessité de transporter le pétrole depuis les régions productrices jusqu'aux marchés occasionne inévitablement des déversements, qui peuvent survenir en mer ou à terre et avoir diverses répercussions environnementales, sociales et économiques. La présente section porte à la fois sur les déversements en mer et les déversements continentaux (à terre et dans les eaux intérieures).

Les déversements en mer

On évalue à environ 6 millions de tonnes la quantité de pétrole qui aboutit chaque année dans les océans (Izrael, 1987), quoique les estimations varient considérablement. Le transport par navires-citernes (opérations et accidents), le ruissellement et les déversements des eaux usées urbaines et industrielles, les dépôts atmosphériques (de pétrole évaporé dans l'atmosphère), les eaux résiduaires des raffineries et l'exploration et la production en mer sont, dans l'ordre décroissant, les causes humaines de la pollution des océans par le pétrole (National Academy of Sciences, 1985).

D'après le Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin (1990), sur la base du trafic actuel des navires-citernes, le Canada peut s'attendre chaque année à plus de 100 petits déversements d'hydrocarbures (moins d'une tonne), à 10 déversements moyens (1–100 t) et à au moins un déversement majeur (100–10 000 t). Il faut s'attendre à un déversement catastrophique (plus de 10 000 t) à peu près tous les 15 ans. Il est en outre mentionné

dans le rapport du Comité que le risque de déversement est à son maximum dans l'Est du Canada, particulièrement à Terre-Neuve. Bon nombre d'observateurs estiment que la baie Placentia (Terre-Neuve) est l'endroit le plus sujet à un déversement au Canada.

Malgré la visibilité plus grande des déversements accidentels, c'est lors des opérations normales des navires-citernes — chargement et déchargement, nettoyage des citernes, rejets d'eaux résiduaires — que des quantités beaucoup plus importantes de pétrole pénètrent dans le milieu marin (Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin, 1990).

Dans l'immédiat et à court terme, les déversements majeurs peuvent mettre en danger la santé et le bien-être socio-économique des Canadiens. Mis à part les dommages environnementaux observables, qui peuvent être considérables, nous ne connaissons guère les effets à long terme ou cumulatifs des déversements majeurs.

> « Le fait que nous ne sachions pas vraiment ce que nous faisons subir à notre environnement, et à nous-mêmes, est à notre avis l'un des aspects les plus effrayants de ce problème.
>
> « Nous ne pouvons pas être complaisants en ce qui concerne les déversements. Dès qu'un incident majeur se produit, l'intégrité de l'environnement est sérieusement menacée. Toutes les analyses sur les déversements de pétrole ou de produits chimiques doivent tenir compte des dommages qui peuvent en résulter, même à court terme.
>
> « Les conséquences environnementales, sociales et économiques de ces déversements peuvent être dévastatrices. Les déversements de pétrole ou de produits chimiques risquent de détruire les organismes microscopiques qui soutiennent la chaîne alimentaire, causant des dégâts considérables aux écosystèmes marins. Cette forme de pollution peut prélever, directement ou indirectement, un lourd tribut sur les stocks de poissons, en abîmant les zones de frai. [Les espèces de] sauvagine, généralement les premières victimes — et les plus visibles — des déversements, sont particulièrement vulnérables. D'innombrables espèces, à partir du phoque et de l'otarie aux baleines et aux ours polaires, peuvent être très durement touchées. Dans certains cas, des espèces entières d'oiseaux peuvent être menacées d'extinction — surtout si l'accident même ou les opérations de nettoyage subséquentes ont lieu pendant la saison de la mue ou contrarient les habitudes migratoires des oiseaux — [et] les marées noires peuvent salir les littoraux pendant des années, ruinant ainsi le potentiel touristique d'une région » (Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin, 1990).

Les déversements d'hydrocarbures et leurs répercussions sur divers écosystèmes sont traités ailleurs dans le présent rapport, notamment aux chapitres 4, 6 et 15. Au chapitre 6, on signale que les pollutions chroniques dues à de fréquents déversements mineurs peuvent être tout aussi dommageables pour la faune que les déversements majeurs moins fréquents.

L'interprétation des statistiques relatives aux déversements n'est pas chose simple. D'une part, on rapporte des déversements de plus en plus petits et, d'autre part, un ou deux déversements majeurs peuvent provoquer des variations importantes des quantités d'une année à l'autre. En outre, les données étant incomplètes, il est impossible de prévoir les tendances de façon précise.

Les déversements en zones non marines

Règle générale, les déversements terrestres font moins problème parce qu'ils sont plus faciles à contenir et qu'ils sont souvent d'ampleur plus réduite; une rupture de pipeline, par exemple, laisse s'écouler les hydrocarbures plus lentement qu'un pétrolier éventré. Il n'en reste pas moins que les déversements terrestres ont des impacts environnementaux. Selon l'endroit où ils surviennent, ils peuvent contaminer les eaux de surface ou les eaux souterraines, détruire la végétation, tuer les oiseaux et les poissons et causer des dommages à la propriété.

Les ruptures de conduites d'écoulement ou le mauvais fonctionnement de la tête de puits ou de l'équipement de batterie peuvent occasionner des déversements d'hydrocarbures et d'eau salée sur le terrain. Les ruptures de canalisations, pour leur part, peuvent causer des fuites d'hydrocarbures le long des lignes de transport (Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, 1991).

Les déversements d'hydrocarbures et d'eau salée sont les principales préoccupations environnementales associées à la production et au transport du pétrole. L'eau produite en association avec le pétrole est très salée. Elle peut endommager les sols et détruire la végétation. Habituellement, on l'entrepose dans des citernes avant de la réinjecter dans les réservoirs de pétrole pour y maintenir la pression (Ministère de l'Environnement du Manitoba, 1991).

Entre 1985 et 1988, on a signalé 9 129 déversements terrestres au Canada. Le secteur de la production a été à l'origine de 42 % d'entre eux; venaient ensuite les pipelines (29 %), les camions-citernes (18 %), les camions de transport (6 %), les trains (3 %) et les autres véhicules automobiles (2 %) (G. Cloutier, Environnement Canada, communication personnelle).

La stratégie de gestion

En décembre 1988, le remorqueur *Ocean Service* heurtait la barge *Nestucca* au large de l'État de Washington; les 875 t de pétrole qui se sont échappées ont pollué la côte ouest de l'île de Vancouver (voir l'encadré 4.1, chapitre 4). Cet accident et d'autres, comme le déversement catastrophique (44 000 t) de l'*Exxon Valdez* en Alaska, en 1989, ont mené à l'établissement du Comité d'examen public des systèmes

de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin (1990). Le rapport produit par le Comité contient 107 recommandations; les principales recommandations ayant trait à la capacité d'intervention sont axées sur une planification, une coordination et une collaboration plus efficaces entre l'industrie, tous les paliers de gouvernement et la Garde côtière du Canada.

L'Institut canadien des produits pétroliers a engagé environ 40 millions de dollars (1991–1993) pour améliorer sa capacité d'intervention. De même, dans le cadre du Plan vert du Canada, un financement de 100 millions a été annoncé en juin 1991 pour permettre au Canada d'intervenir plus efficacement dans ce domaine. On trouvera au chapitre 4 plus de détails sur le transport maritime et la gestion des interventions.

En ce qui a trait aux déversements dans les zones non marines, le Plan vert du Canada fait état d'un important programme visant à renforcer, à l'échelle nationale, la collaboration en matière d'activités de prévention et d'intervention (Gouvernement du Canada, 1990). Ce programme prévoit une meilleure planification des urgences, le perfectionnement des cartes des zones écologiquement fragiles, l'amélioration de la formation et l'entraînement régulier aux urgences. De concert avec l'industrie privée et les universités, le gouvernement fédéral intensifiera la recherche sur les déversements d'hydrocarbures et de produits chimiques afin d'accroître nos connaissances dans ce domaine, et il favorisera la mise au point de nouvelles techniques de détection et de surveillance des déversements et de décontamination des endroits pollués.

L'électricité

L'industrie canadienne de la production d'énergie électrique a connu une expansion rapide, depuis les petites centrales hydroélectriques produisant des charges isolées au début des années 1900 jusqu'aux vastes réseaux électriques modernes interreliés d'une capacité installée de plus de 95 000 MW produite à partir de diverses sources (Office national de l'énergie, 1991*b*). Après plusieurs décennies de croissance à un taux annuel d'environ 7 %, la demande d'énergie a ralenti de façon constante depuis le milieu des années 1970 jusqu'à tout récemment, en raison du ralentissement économique et des mesures préconisant l'économie d'énergie et l'accroissement du rendement qui ont accompagné le choc des prix du pétrole dans les années 1970 (Office national de l'énergie, 1991*b*). À la fin des années 1970, le taux de crois-

ENCADRÉ 12.2

Les lignes de transport de l'électricité

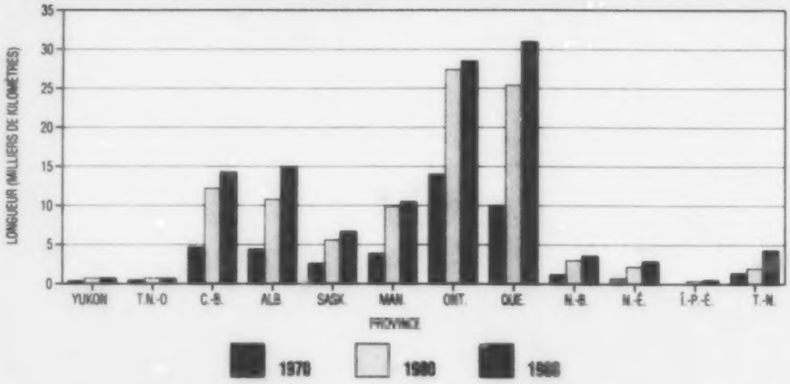
Les lignes de transport sont les câbles et les structures portantes qui transportent l'électricité depuis sa source de production jusqu'à l'endroit de son utilisation finale. Sur la majeure partie du parcours, l'électricité est transportée par des conducteurs à haute tension (100 kV et plus). La figure 12.E2 montre la longueur des lignes de transport de 100 kV et plus pour les provinces et territoires en 1970, 1980 et 1988. En 1988, ce total pour l'ensemble du pays était de 118 000 km, soit une augmentation de 16 % entre 1980 et 1988 (Statistique Canada, 1991). Les principales préoccupations que soulèvent les lignes de transport sont, en plus de l'esthétique, les risques que pourraient présenter pour la santé certaines formes de cancers causées par les champs électriques et magnétiques émanant des lignes de haute tension. La preuve de ce genre de lien reste à faire (Ministère de l'Environnement du Manitoba, 1991), mais le Manitoba, l'Ontario et d'autres provinces continuent les recherches dans ce domaine. Certains habitats fauniques sont détruits ou sensiblement modifiés le long des lignes de transport, mais on s'est aperçu que les structures portantes profitent à certaines espèces. Par exemple, en Nouvelle-Écosse en 1989, 40 % des 250 nids de balbuzards se trouvaient sur les structures des lignes de transport (Nova Scotia Power Corporation, 1989). Chaque année, seuls quelques nids semblent présenter un danger pour les opérations de la compagnie ou pour les oiseaux eux-mêmes.

Comme la grande majorité des lignes de transport sont aériennes, elles nécessitent une emprise qui leur est propre, ce qui peut avoir d'autres répercussions sur l'environnement. Dans le cas de ces corridors, les principales préoccupations sont le déboisement de l'emprise (élimination des arbres et autres types de couvert végétal, perturbation de la surface et construction des routes d'accès pour la machinerie lourde), l'utilisation d'herbicides pour lutter contre la croissance de la végétation, l'accès accru à un habitat faunique auparavant non perturbé et l'esthétique. En Ontario, où les corridors de transport de l'électricité occupent une superficie de plus de 200 000 ha, Ontario Hydro a conçu des pylônes en treillis spéciaux, à base étroite, afin de réduire au minimum les pertes de terrain et de limiter l'interférence avec les exploitations agricoles. En 1989, première année d'un programme quinquennal visant à réduire de 35 % l'utilisation d'herbicides pour le débroussaillement, la réduction a été de 39 % (Ontario Hydro, 1990).

Les lignes transportant l'électricité depuis les lignes principales jusqu'aux consommateurs ont une tension inférieure et sont constituées d'une multitude de fils électriques le long des grandes routes et des rues. Ces dernières années, certaines villes ont commencé à enfouir leur vaste réseau de distribution afin d'en réduire l'impact visuel. Il semble que cette tendance s'accélère au Canada, non seulement dans les grands centres comme Montréal, mais également dans les petites villes, les parcs industriels et même certains lotissements. La ville de Halifax, par exemple, a terminé l'enfouissement des câbles électriques dans son centre historique et son secteur riverain au cours de la seconde moitié des années 1980 (Nova Scotia Power Corporation, 1989). Le coût d'un réseau souterrain est en moyenne de 4 à 10 fois supérieur à celui d'un réseau aérien.

FIGURE 12.E2

Longueur des lignes de transport d'énergie hydroélectrique de 100 kV et plus pour chaque province et territoire, 1970, 1980 et 1988



Source : Statistique Canada, 1990, 1988.

sance annuel de la demande d'électricité atteignait près de 3 % en moyenne. En 1989, la demande au Canada a connu une hausse de 2,3 % par rapport à 1988. La consommation d'électricité varie considérablement d'une région à l'autre; ainsi, elle représente 34 % de la consommation totale d'énergie au Québec, mais seulement 12 % dans les Prairies (voir le tableau 12.3).

Des centaines de barrages, de stations hydroélectriques et de centrales de production d'énergie ont été construits pour satisfaire la demande canadienne d'électricité. En 1989, environ 57 % de la capacité de production d'énergie électrique du Canada était d'origine hydroélectrique, 30 % d'origine thermique et le reste, d'origine nucléaire (Statistique Canada, 1991). Précisons que 61 % de l'énergie thermique est produite à partir du charbon, 23 % à partir du pétrole, 13 % à partir du gaz naturel et les 3 % restants à partir d'autres combustibles. Les incidences environnementales de la consommation d'électricité sont associées en large part à la production et au transport de cette forme d'énergie (voir l'encadré 12.3). Au point d'utilisation, l'électricité est une source énergétique propre et elle a très peu d'impact direct sur l'environnement.

Les grandes préoccupations du public touchant l'utilisation des combustibles fossiles pour produire de l'électricité ont déjà été examinées. La présente section met l'accent sur l'impact de la production d'énergie d'hydroélectrique. Le premier volet a trait aux vastes superficies de terres soustraites à autres utilisations possibles et la perturbation d'écosystèmes entiers par l'inondation des terres sur une grande échelle. Le deuxième volet porte sur l'élimination des déchets radioactifs associés à la production d'énergie nucléaire.

L'énergie hydroélectrique

Les Canadiens ont toujours privilégié l'énergie hydroélectrique pour leurs besoins d'électricité. Sauf dans le cas des mégaprojets, la production de ce type d'énergie est généralement perçue comme étant moins dommageable pour l'environnement que bien d'autres sources d'électricité. Le Canada est maintenant le premier producteur mondial d'hydroélectricité (World Resources Institute, 1990); on y trouve environ 400 centrales hydroélectriques d'une capacité combinée de plus de 60 000 MW (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*a*). Les aménagements hydroélectriques façonnent donc l'environnement dans une bonne mesure un peu partout au Canada. Étant donné notre vaste expérience de la mise en valeur des ressources hydrauliques et le caractère direct et visible de bon nombre des impacts connexes, les principales répercussions de l'hydroélectricité sur le milieu naturel sont relativement bien connues. Malgré tout, il est difficile de prévoir avec exactitude l'ampleur et la durée des impacts associés aux grands aménagements hydroélectriques dans le Nord.

Depuis le début des années 1970, plusieurs cours d'eau d'importance ont été dérivés d'un bassin hydrographique à un autre pour accroître la production hydroélectrique; mentionnons à cet égard la dérivation du fleuve Churchill (via le lac sud des Indiens) dans le bassin de la rivière Nelson au Manitoba (1976), la dérivation de trois rivières dans la rivière La Grande pour le projet de la baie James au Nouveau-Québec (1980–1983) et la dérivation de trois rivières dans le fleuve Churchill au Labrador (1971). Le volume d'eau transféré entre bassins au Canada est supérieur aux transferts d'eau combinés des États-Unis et de l'Union soviétique, les deux pays qui viennent après le Canada en ce domaine (Pearse et collab., 1985). Presque toute l'eau détournée (96 %) doit servir à la production hydroélectrique, et 42 % de cette eau se trouve au Québec.

Généralement, les projets hydroélectriques ont une influence très grande sur les régimes hydrologiques. Par exemple, les débits printanier et estival à l'entrée du golfe du Saint-Laurent ont été réduits de 30 à 50 % (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988) en raison des quantités d'eau de ruissellement retenues dans les réservoirs en prévision des périodes de faible débit. Lorsqu'il y a dérivation, les débits de certains cours d'eau sont grandement réduits et d'autres s'accroissent. Par exemple, le détournement du cours supérieur de la rivière Eastmain au Nouveau-Québec a réduit le débit de celle-ci à 10 % de ce qu'il était avant la construction du barrage. Les eaux du bassin supérieur de la Caniapiscau s'écoulent maintenant vers l'ouest, dans la baie James, et non plus vers le nord, dans la baie d'Ungava. En général, les aménagements hydroélectriques inversent les débits saisonniers

puisqu'ils retiennent les eaux de crue printanière dans des réservoirs et accroissent le débit en hiver, lorsque la demande d'énergie est forte.

Certains réservoirs sont immenses. Par exemple, les cinq réservoirs en service de la phase I de la rivière La Grande, qui fait partie du projet hydroélectrique de la baie James, couvrent une superficie de 11 400 km², dont 9 700 km² sont des terres inondées. Pour mener à terme ce projet, il faudra construire au cours des 20 prochaines années 15 autres réservoirs d'une superficie de 11 650 km², dont près de 6 000 seront des terres inondées. D'ici là, la superficie totale du réservoir de ce seul projet équivaudra presque à celle du lac Érié (voir également le chapitre 3).

Dans les réservoirs et en aval, il arrive souvent que les populations de poissons diminuent ou que le mélange des espèces soit modifié en raison des impacts sur les corridors de migration, les frayères et autres habitats ainsi que sur la qualité de l'eau. Les dérivations interbassins peuvent introduire de nouvelles espèces dans un réseau hydrographique, et les conséquences pour la communauté biologique existante sont parfois très graves.

Les rives des réservoirs peuvent être très vulnérables à l'érosion, la végétation riveraine étant gênée par les fluctuations du niveau de l'eau et les crues prolongées durant la saison de croissance. La végétation riveraine en aval est également touchée par les variations de débit. En outre, ces variations et l'érosion favorisent la présence de concentrations généralement élevées de sédiments dans les réservoirs, ce qui touche de nombreux aspects de l'activité biologique. Inversement, les communautés biologiques en aval peuvent être privées des éléments nutritifs et des débits d'eau dont elles dépendent. Les changements de la température de l'eau dans les réservoirs et en aval peuvent également avoir des effets sur la faune et la flore aquatiques. Ces impacts peuvent aussi avoir des répercussions considérables sur les espèces sauvages aquatiques et terrestres. Par exemple, l'abaissement du niveau des eaux en aval par suite de la construction, en 1968, d'un barrage sur la rivière de la Paix, en Colombie-Britannique, a entraîné d'importants changements structurels et fonctionnels dans les vastes milieux humides très productifs du delta formé par la rivière de la Paix et la rivière Athabasca. La capacité biotique ainsi réduite s'est reflétée dans la diminution des effectifs de sauvagine et d'autres espèces fauniques. On craint par ailleurs que la construction possible du barrage « Site C » de la rivière de la Paix ne nuise à l'économie agricole locale en aval du barrage, en Alberta.

L'un des principaux impacts environnementaux de l'aménagement de réservoirs dans la forêt boréale vient de ce que l'action des bactéries sur la végétation submergée transforme le mercure naturel en méthylmercure toxique, qui est ensuite bioamplifié dans la chaîne alimentaire. Cet effet, qui pourrait être de courte durée, a néanmoins des implications socio-économiques majeures pour les populations autochtones résidantes, tributaires du poisson comme denrée de consommation courante.

La Colombie-Britannique, le Manitoba, l'Ontario et le Québec construisent tous — ou prévoient construire — de grands barrages dans la partie septentrionale de leur territoire. Les projets du Québec entourant la « phase II de la Baie James », qui comprend l'endiguement de la Grande rivière de la Baleine et le complexe Nottaway–Broadback–Rupert, sont de loin les plus ambitieux. Manitoba Hydro se prépare à construire d'ici 2001 le barrage Conawapa, son sixième barrage sur la rivière Nelson, qui produira 1 390 MW; dix autres sites possibles ont été recensés sur ce réseau hydrographique. Ces projets ainsi que les projets réduits de l'Ontario visant à construire des barrages sur les rivières Moose, Abitibi et Mattagami, qui se déversent toutes dans la baie James, soulèvent maintenant des préoccupations au sujet des effets cumulatifs des grands travaux d'endiguement et de dérivation sur l'écologie de la baie James. Ces projets, qui modifieront considérablement le régime et le débit des eaux douces dans la baie James, peuvent entraîner des changements qui toucheront :

- la nature et la durée de la couverture glaciaire;
- les habitats des mammifères marins, des poissons et des oiseaux migrateurs;
- les courants qui entrent dans la baie James et qui en sortent;
- les charges saisonnières et annuelles de sédiments et d'éléments nutritifs dans les écosystèmes marins (entraînant vraisemblablement une plus faible productivité biologique dans les estuaires et les zones côtières); et
- les populations de poissons anadromes.

Près du tiers des eaux des réseaux hydrographiques du Canada se jettent dans la baie d'Hudson et la baie James.

La tendance en matière d'aménagements hydroélectriques est aux mégaprojets. Ainsi, la plupart des barrages d'une capacité de stockage supérieure à un milliard de mètres cubes ont été construits après 1950. Les plus gros travaux de dérivation sont également les plus récents. Le projet de Churchill Falls au Labrador, la dérivation du fleuve Churchill dans le nord du Manitoba et le projet La Grande au Québec comportent sept dérivations et représentent à eux seuls 66 % du volume total des eaux détournées au Canada. La construction du projet Conawapa dans le nord du Manitoba, le projet du barrage « Site C » sur la rivière de la Paix en Colombie-Britannique et le projet Grande Baleine au Québec portent à croire que cette tendance se poursuivra.

L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire n'est produite que dans trois provinces au Canada, et elle est fournie entièrement par des réacteurs CANDU (CANada Deutérium–Uranium). En septembre 1991, 18 de ces réacteurs étaient en exploitation au Canada : 16 à Pickering et à Bruce en Ontario, un au Québec et un au Nouveau-Brunswick.

En vertu de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* de 1946, le gouvernement fédéral est chargé de la réglementation de tous les déchets résultant de la mise en valeur, des applications et de l'utilisation de l'énergie nucléaire au Canada. La Commission de contrôle de l'énergie atomique est l'organisme fédéral qui administre cette loi.

Les Canadiens, particulièrement en Ontario, se préoccupent tout spécialement de la sécurité du fonctionnement des réacteurs nucléaires ainsi que de l'élimination des déchets nucléaires. Le rayonnement est le principal risque que la plupart des Canadiens associent à la production d'énergie nucléaire, ce qui a amené le gouvernement fédéral à donner pour instruction à l'industrie nucléaire d'adopter des mesures strictes afin de confiner et de prévenir les rejets de substances radioactives dans l'environnement. Le fonctionnement des réacteurs nucléaires canadiens a toujours présenté toutes les garanties de sécurité; les accidents survenus à Three-Mile Island aux États-Unis et à Tchernobyl en Union soviétique — mettant en cause, dans les deux cas, des réacteurs de conception différente du CANDU — ont toutefois accru la méfiance du public partout dans le monde vis-à-vis de la sécurité de l'énergie nucléaire.

La gestion et l'élimination des déchets radioactifs accumulés demeurent le problème clé à long terme pour le secteur de l'énergie nucléaire. Les déchets résultant de la production d'énergie nucléaire se présentent sous diverses formes physiques et chimiques et sont classés dans différentes catégories selon la radioactivité relative des radionucléides qu'ils contiennent. Ils se divisent en deux catégories : fortement radioactifs et faiblement radioactifs. Presque tous les déchets de l'une et l'autre catégories sont entreposés temporairement sur les sites de production dans l'attente de leur élimination.

Les *déchets fortement radioactifs* sont constitués surtout de combustible irradié. L'oxyde d'uranium, le combustible utilisé dans les réacteurs CANDU, est fabriqué en petites pastilles scellées dans des tubes métalliques qui sont ensuite assemblés en grappes. Ces grappes doivent être remplacées après environ 18 mois dans le réacteur; elles sont alors intensément radioactives et certains de leurs éléments continuent d'émettre un rayonnement durant des dizaines de milliers d'années (p. ex., le plutonium-239 a une demi-vie de 24 000 ans). Il faut faire preuve d'une extrême prudence pour veiller à ce que ces déchets ne contaminent pas l'atmosphère, l'eau potable ou les aliments. À la fin de 1989, Ontario Hydro avait stocké environ 13 000 t de grappes de combustible irradié dans des installations spéciales sur le site même de la centrale nucléaire; ces déchets s'accumulent actuellement au rythme de 2 000 t par année (Ontario Hydro, 1990). Les déchets fortement radioactifs sont entreposés principalement sur le site des réacteurs, dans des bassins profonds, remplis d'eau pour les refroidir et bloquer leur rayonnement, et une petite portion est stockée à sec dans des conteneurs en béton. Bien que l'entreposage sur place constitue un moyen efficace de gérer ces déchets à court terme, il faudra à plus ou moins brève échéance construire une installation de stockage à long terme. Les gouvernements du Canada et de l'Ontario ont demandé en 1978 à Énergie atomique du Canada Ltée d'examiner les possibilités d'éliminer les déchets de combustibles nucléaires fortement radioactifs dans des formations géologiques profondes. Cet organisme étudie actuellement la possibilité d'enfouir ce type de déchets dans les formations de granite stables du Bouclier canadien (Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, 1989). Énergie atomique du Canada Ltée a proposé d'enfermer les matières radioactives dans des conteneurs anticorrosion (en titane ou en cuivre) pour garantir que la radioactivité ne pénètre pas dans les eaux souterraines. Le gouvernement fédéral a entrepris un examen environnemental de ce mode d'élimination et cette étude devrait être terminée d'ici cinq ans. Le comité d'examen n'a pas pour mandat de choisir le ou les sites possibles où seront éliminés ultimement les déchets nucléaires; ce choix ne sera fait que lorsque le mode d'élimination aura été jugé sécuritaire et souhaitable par les gouvernements fédéral et provinciaux.

Les *déchets faiblement radioactifs* liés à la production d'énergie nucléaire comprennent les déchets provenant des affineries d'uranium et des usines de fabrication de combustibles (la question des déchets faiblement radioactifs des mines et des usines, produits par l'extraction de l'uranium à partir de son minerai, est abordée au chapitre 11). En Ontario, environ un million de mètres cubes de déchets d'affinage et de conversion se trouvent dans les régions de Port Hope et de Scarborough.

En 1986, un Groupe de travail fédéral sur la gestion des déchets faiblement radioactifs a été mis sur pied pour recommander une méthode de sélection d'un site pour une installation de gestion de ce type de déchets en Ontario (Groupe de travail chargé du choix d'un site, 1990). Le Groupe a recommandé le recours au Processus coopératif de sélection d'un site, qui est fondé sur la participation volontaire des collectivités locales à la prise de décisions conjointes. Dans l'intervalle, la surveillance active des sites temporaires se poursuit pour assurer leur intégrité. Comme on considère que les déchets historiques ne sont plus la responsabilité de l'utilisateur ou du producteur, le gouvernement fédéral a confié cette responsabilité au Bureau de gestion des déchets radioactifs de faible activité, qui relève d'Énergie atomique du Canada Ltée. Les déchets historiques ont été produits avant l'adoption de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* et gérés d'une façon qui ne serait pas jugée acceptable selon les normes actuelles.

La sécurité dans l'industrie nucléaire canadienne est réglementée par la Commission de contrôle de l'énergie atomique, l'organisme fédéral chargé de délivrer des permis aux installations nucléaires et de vérifier que celles-ci se conforment aux conditions dont ces permis sont assortis. Le fait qu'il n'y a pas eu d'accident grave atteste de la qualité de la gestion, mais il reste que le risque est toujours présent.

L'utilisation de l'énergie nucléaire a d'autres répercussions environnementales, bien que ces dernières soient généralement jugées beaucoup moins graves que celles ayant trait à la ra-

dioactivité. Les centrales nucléaires requièrent des quantités considérables d'eau douce pour refroidir les réacteurs, ce qui entraîne des rejets thermiques lorsque l'eau est déversée dans une masse d'eau. En Ontario, le ministère de l'Environnement a établi des directives pour les températures maximales des effluents et pour la hausse admissible de la température de l'eau qui traverse chaque centrale (Ontario Hydro, 1990). Dans certains cas, de l'eau de lac fraîche peut être ajoutée aux effluents de la centrale pour abaisser les températures aux niveaux voulus. Les études réalisées jusqu'à maintenant ont montré que les effets thermiques, particulièrement les répercussions sur les poissons et autres organismes aquatiques, sont minimes lorsque la température des effluents est conforme à ces directives.

LA RÉDUCTION DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE ET DES IMPACTS

La consommation d'énergie d'une société est influencée par de nombreux facteurs, dont le climat, la distance entre les agglomérations, la structure industrielle, le tissu urbain, le taux de croissance économique, la politique gouvernementale et le choix des modes de transport. Cependant, l'importance du prix en tant que facteur déterminant varie considérablement d'une application à l'autre et d'un secteur à l'autre.

La baisse graduelle des prix réels du pétrole (c.-à-d. après inflation) durant la majeure partie des années 1950 et 1960, et l'incapacité du marché de répercuter pleinement les coûts environnementaux de la production et de la consommation de l'énergie sur les prix à la consommation ont entraîné dans tous les pays industriels des taux de consommation d'énergie plus élevés que ce qu'ils auraient dû être en réalité.

Les coûts environnementaux de la consommation d'énergie sont difficilement chiffrables parce que beaucoup d'entre eux, comme la perte d'habitats fauniques, ne sont pas faciles à évaluer en termes économiques. Dans d'autres cas, les impacts eux-mêmes, comme le changement climatique, sont mal compris. Ces coûts, qui ne sont pas supportés par les consommateurs actuels, sont transmis aux générations futures sous forme d'un environnement dégradé.

Face à cette incapacité du marché libre de mesurer et d'incorporer les coûts environnementaux, tous les paliers de gouvernement sont intervenus massivement pour réglementer les industries de l'énergie et influer sur les décisions des consommateurs. Les tentatives visant à prendre en compte les incidences environnementales dans l'élaboration de politiques énergétiques ont jusqu'à maintenant porté essentiellement sur la composante « approvisionnement » de l'équation énergétique. Les techniques utilisées pour intégrer les facteurs environnementaux dans la conception des projets d'approvisionnement en énergie ont largement fait appel aux évaluations des impacts environnementaux. Aujourd'hui fréquemment utilisées au Canada et dans les autres pays industrialisés, ces évaluations ont permis de réduire les coûts environnementaux associés aux projets énergétiques d'envergure. On commence maintenant à s'en servir pour mesurer les effets cumulatifs (p. ex., l'extraction d'uranium en Saskatchewan, l'aménagement hydroélectrique de la rivière Moose en Ontario).

De plus, des organismes comme l'Office national de l'énergie, la Commission de contrôle de l'énergie atomique, l'Alberta Energy Resources Conservation Board et divers ministères ont assorti les projets de conditions et fixé des normes touchant notamment la perturbation et la remise en état des terres, les émissions admissibles dans l'atmosphère et dans les eaux ainsi que la sécurité, la consultation et la compensation du public.

La gestion de la demande

Pour compléter la réglementation de certains projets énergétiques sur le plan environnemental, les décideurs s'intéressent de plus en plus au volet « demande » de l'équation. Ce changement d'attitude est dû à plusieurs raisons, mais d'abord et avant tout au fait que les coûts environnementaux associés à un projet d'approvisionnement en énergie sont habituellement de nature locale, tout au plus régionale; il peut certes y avoir des exceptions, comme un accident majeur dans une centrale nucléaire dont les effets se feraient sentir dans le monde entier. Par ailleurs, on considère de plus en plus que les problèmes environnementaux les plus importants associés à l'énergie sont liés à la consommation de celle-ci plutôt qu'à sa production; il est donc préférable de s'y attaquer sur le plan de la demande plutôt que sur celui de l'approvisionnement. La réduction de la demande est l'une des façons les plus rentables d'atténuer les impacts environnementaux à l'étape « production » de la chaîne des combustibles. Enfin, le coût des mesures correctives devient prohibitif. Une méthode préventive vise à éviter les impacts environnementaux en augmentant l'efficacité de la consommation énergétique.

Depuis 15 ans, les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux encouragent les économies d'énergie grâce à divers programmes, y compris des normes améliorées pour l'isolation des nouvelles constructions et des subventions pour accroître l'isolation de anciennes (p. ex., le Programme d'isolation thermique des résidences canadiennes); l'introduction de chaudières plus efficaces; des normes de rendement pour les automobiles; une meilleure utilisation de la chaleur produite par les déchets industriels; des programmes de démonstration et de transfert de technologies (p. ex., la maison R-2000 à haut rendement énergétique); et l'étiquetage des appareils électroménagers. Les compagnies d'électricité de plusieurs provinces commencent également à promouvoir une utilisation plus efficace de l'électricité en offrant des remboursements aux usagers qui installent des appareils d'éclairage à haut rendement, en encourageant les consommateurs à utiliser l'électricité en dehors des périodes de pointe, en offrant des programmes d'information à leurs clients et en faisant des vérifications de la consommation d'énergie.

TABLEAU 12.6

Comparaison de l'intensité énergétique dans les pays du Groupe des sept

Pays	Besoins en énergie (tonnes d'équivalent pétrole par habitant)	Changement (%) 1970–88
Canada	9,6	–20,5
États-Unis	7,8	–27,4
Allemagne de l'Ouest	4,5	–22,5
Royaume-Uni	3,7	–33,1
France	3,7	–16,3
Japon	3,3	–30,9
Italie	2,6	–23,1

Source : Organisation de coopération et de développement économiques, 1991.

Conjuguées à l'impact de la hausse des prix et à une sensibilisation accrue des consommateurs, ces initiatives ont permis de ralentir la croissance de la demande d'énergie. Entre 1973 et 1987, la quantité totale d'énergie secondaire utilisée par dollar du PIB a baissé de 30 % (Marbek Resource Consultants, 1989) en raison d'une utilisation plus efficace de l'énergie et des changements apportés à la structure de l'économie (principalement dans la composition industrielle). Cette baisse cache cependant d'importantes différences entre les secteurs. Au cours de cette période :

- la consommation d'énergie d'un ménage moyen a baissé d'environ 32 %;
- le rendement du parc automobile du Canada a augmenté du tiers;
- la consommation d'énergie par mètre carré d'espace commercial a diminué d'environ 18 %; et
- le secteur industriel a réduit sa consommation d'énergie d'environ 6 % par dollar de production.

Le tableau 12.6 situe la performance du Canada dans un contexte international. L'intensité énergétique au Canada a diminué de façon appréciable depuis le début des années 1970, mais pas autant que chez la plupart des principaux partenaires commerciaux du pays. On croit qu'il existe encore de nombreuses possibilités d'améliorer le rendement énergétique, quoique les experts ne s'accordent pas sur leur ampleur. Une étude réalisée récemment à ce sujet pour le compte du gouvernement fédéral estime qu'avec les techniques de pointe existantes, ces améliorations additionnelles pourraient être de l'ordre de 30 % (Peat Marwick Stevenson & Kellog et collab., 1991). L'étude était fondée sur des facteurs purement économiques et ne fournit qu'un point de départ pour l'évaluation du potentiel du Canada en matière de rendement énergétique. Le gouvernement fédéral ne possède pas d'évaluation officielle du potentiel d'économie d'énergie à l'heure actuelle. Les améliorations possibles peuvent contribuer de façon substantielle à réduire les émissions atmosphériques dues à la consommation d'énergie.

La gestion de la demande privilégie un meilleur rapport entre la quantité d'apport énergétique et l'unité de travail produit. Bien que cette méthode ait démontré qu'il reste un important potentiel inexploité en matière de rendement énergétique au Canada, elle sous-estime la quantité d'énergie que le Canada pourrait réellement économiser parce qu'elle ne tient pas compte des différences qualitatives entre les diverses sources énergétiques.

L'introduction de considérations qualitatives permet d'analyser la quantité minimale théorique d'énergie requise pour effectuer un travail donné et, par conséquent, les économies réalisables en assortissant la source énergétique à la qualité d'énergie nécessaire pour une tâche précise. Entre 1970 et 1988, la réduction de la consommation d'énergie par habitant était de 20,5 %.

Les formes renouvelables d'énergie

Une autre stratégie destinée à réduire l'impact environnemental de la consommation d'énergie mise sur une utilisation accrue des énergies renouvelables. Celles-ci peuvent être obtenues de ressources naturelles liées au cycle solaire, qui sont inépuisables ou renouvelables. Les formes renouvelables d'énergie, comme l'énergie éolienne et l'énergie solaire, tendent à être plus diffuses que les sources non renouvelables. Comme elles s'alimentent à des flux énergétiques qui sont habituellement de nature physique plutôt que chimique (p. ex., le rayonnement solaire, le vent, l'écoulement de l'eau), elles ont des répercussions physiques plutôt que chimiques sur l'environnement (p. ex., la pollution visuelle et sonore, la perturbation des cours d'eau). En raison de ces caractéristiques, de telles formes d'énergie ont généralement des effets plus bénins sur l'environnement que les formes non renouvelables, à l'exception des grands aménagements hydroélectriques et des importantes plantations de biomasse pour la production de combustibles liquides.

À cause de sa diversité géographique, le Canada a un énorme potentiel d'énergie renouvelable, quoiqu'il existe d'importants obstacles à son exploitation, notamment des immobilisations élevées, le manque de sensibilisation des consommateurs, une infrastructure insuffisamment développée et un régime de tarification de l'énergie qui ne reconnaît pas les avantages environnementaux des énergies renouvelables.

Principales sources d'énergies renouvelables de remplacement

Source	Description
Petits aménagements hydroélectriques de basse chute	Centrales au fil de l'eau, petites turbines hydrauliques (moins de 15 MW), énergie marémotrice : la moitié des 400 centrales hydroélectriques du Canada sont de petites centrales qui produisent seulement 10 MW. La capacité hydroélectrique totale du Canada dépasse 60 000 MW.
Énergie solaire active	Conversion directe du rayonnement solaire en énergie thermique; le plus grand potentiel se trouve dans les régions éloignées.
Énergie solaire passive	Collecte, contrôle, stockage et distribution de l'énergie solaire grâce au design d'immeubles; selon les estimations, on pourrait économiser jusqu'à 363 PJ par année d'ici l'an 2010.
Énergie photovoltaïque	Conversion directe de la lumière en électricité.
Bioénergie	Collecte de résidus de la biomasse et récolte de la biomasse à base de bois en vue de leur conversion en une forme d'énergie.
Énergie éolienne	Conversion de l'énergie cinétique de l'air en énergie mécanique ou électrique; présente de grandes possibilités pour les collectivités éloignées.
Énergie géothermique	Utilisation de la chaleur emprisonnée dans l'écorce terrestre; très peu de projets actifs de mise en valeur au Canada.

Source : Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*a*.

Malgré tout, cette forme d'énergie devient économiquement attrayante dans certaines applications comme le chauffage résidentiel et dans des endroits isolés. Le tableau 12.7 liste les principales sources d'énergie de remplacement ou d'énergie renouvelable disponibles, à l'exception des grands aménagements hydroélectriques. Grâce aux projets de recherche et de développement menés depuis le milieu des années 1970 sous la direction du gouvernement, il existe maintenant une capacité industrielle et une infrastructure de service embryonnaire pour une vaste gamme de techniques de pointe liées aux énergies renouvelables. L'appui que le gouvernement fédéral accorde à la mise en valeur de ces formes d'énergie par le biais de recherches et de projets a cependant diminué depuis 1984 (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*a*).

Les énergies renouvelables répondent à 19 % de la demande canadienne d'énergie primaire, pour les deux tiers sous forme de capacité hydroélectrique produite par les grandes compagnies d'électricité. L'autre tiers (environ 7 %) consiste principalement en bois utilisé pour la combustion dans l'industrie forestière (5 %) et, à un degré moindre, dans le secteur résidentiel (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1991*a*).

Sur la base d'une tarification normale du marché, l'Office national de l'énergie (1991*b*) s'attend que la part de la demande d'énergie primaire satisfaite par les énergies de remplacement au cours des 10 prochaines années reste pratiquement la même. Sauf pour l'utilisation du bois dans le secteur résidentiel et des déchets du bois dans l'industrie, les techniques existantes associées à la plupart des énergies de remplacement restent coûteuses comparativement à celles de l'énergie classique, lorsqu'on les calcule selon les prix du marché. Des changements au niveau de facteurs comme les mécanismes de tarification, les politiques fiscales, les préférences individuelles et les percées technologiques pourraient accroître la part des sources de remplacement.

CONCLUSIONS

L'utilisation à grande échelle de l'énergie a des impacts environnementaux multiples : changement atmosphérique planétaire; restructuration des écosystèmes du fait de l'endiguement et de la dérivation de rivières pour la production hydroélectrique; accumulation de déchets radioactifs; pollution de l'air des villes; acidification du milieu; aliénation des terres pour l'aménagement des installations de production et de transport; et pollution de l'eau due à la lixiviation, aux déversements et au transport de polluants atmosphériques sur de grandes distances. Certaines des agressions environnementales amenées par la consommation d'énergie mettent des années à se manifester. À cause de l'incertitude qui en résulte quant à l'ampleur de l'agression et au moment où elle surviendra — l'ampleur du réchauffement planétaire et son impact sur le Canada en est peut-être le meilleur exemple —, il est difficile de concevoir des mesures correctives appropriées.

Un autre genre d'incertitude naît lorsqu'on tente de soupeser les incidences environnementales de diverses sources énergétiques afin de faire des choix judicieux. Comme ces incidences sont si différentes en nature de même que dans le temps et dans l'espace, il n'est pas possible de les comparer directement. Le risque environnemental associé au réchauffement de la planète et aux déchets fortement radioactifs illustre bien ce problème. Bien qu'il soit possible d'interchanger les combustibles fossiles et l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité, il est très difficile de dire si une telle substitution se limiterait à échanger un risque environnemental contre un autre. C'est l'une des raisons pour lesquelles la façon la plus efficace d'atteindre nos objectifs environnementaux consiste à réduire la demande d'énergie plutôt que de chercher à atténuer les effets dommageables de nouveaux approvisionnements.

Plusieurs tendances énergétiques ayant des répercussions environnementales ont émergé ces dernières années et devraient se maintenir dans un avenir prévisible :

1. Une efficacité accrue dans la consommation d'énergie

Malgré que le taux d'accroissement du rendement énergétique ait fléchi, surtout par suite de l'effondrement des prix mondiaux du pétrole au milieu des années 1980 et de la baisse de l'intérêt du public, d'importantes améliorations ont néanmoins été apportées depuis 1973, et d'autres encore peuvent l'être. Comme il a été mentionné précédemment, les économies d'énergie sont le meilleur moyen de réduire les impacts environnementaux de la consommation énergétique à long terme.

La gestion de la demande du secteur de l'énergie jouera un rôle majeur dans les futures stratégies en matière de rendement énergétique et d'économie d'énergie, particulièrement dans le cas des compagnies d'électricité. Ces dernières et les autres industries du secteur de l'énergie ne peuvent espérer tirer des avantages accrus des techniques efficaces existantes si elles ne modifient pas sensiblement leur comportement à l'égard de l'économie d'énergie.

2. Une intensité énergétique accrue des systèmes d'approvisionnement

Il faut de plus en plus d'énergie primaire pour produire la même quantité d'énergie secondaire. Les pertes causées par la conversion de l'énergie, depuis la demande primaire jusqu'à la demande d'utilisation finale totale, ont augmenté de 12 à 20 % entre 1969 et 1989. Ces pertes ont augmenté malgré les progrès technologiques et ce, pour deux raisons principales : premièrement, le Canada dépend de plus en plus de l'électricité moins efficace produite à partir du charbon ou de l'énergie nucléaire. Deuxièmement, les sources énergétiques les plus accessibles et les moins chères sont d'ordinaire les premières à être mises en valeur; lorsqu'elles s'épuisent, il faut se tourner vers des sources plus éloignées — donc d'exploitation plus coûteuse — et le procédé de production nécessite alors souvent un plus grand apport énergétique. La production de pétrole lourd ou de bitume à partir des sables bitumineux, par exemple, est un procédé plus énergivore que la production de pétrole à partir des réserves classiques. En outre, plus une source énergétique est éloignée du marché, plus il faut d'énergie pour l'apporter aux consommateurs. Les pertes d'électricité en cours de transport, par exemple, augmentent proportionnellement à la distance. Comme les barrages hydroélectriques sont de plus en plus construits dans des endroits éloignés, la part de leur production qui sert purement et simplement à livrer l'électricité aux marchés augmente (7 % de l'énergie produite à la baie James et aux chutes Churchill sert à cette fin).

3. Le changement dans la composition des sources énergétiques

Il y a eu un délaissement réel du pétrole en faveur du gaz naturel et de l'électricité. Les formes les plus faciles de la conversion à l'électricité ont été réalisées. Comme aucune source énergétique unique ne pourra répondre à la future demande énergétique, il faut donc se demander en quoi consistera, dans chaque région du Canada, la gamme de sources qui permettra de limiter au minimum les impacts environnementaux possibles.

La consommation de pétrole est de plus en plus restreinte au secteur des transports, où il existe peu de solutions de remplacement économiques. Si l'on veut réduire les préoccupations soulevées par les émissions ainsi que les impacts connexes liés au secteur des transports, on devra modifier en profondeur les habitudes de consommation énergétique de ce secteur.

Le pétrole continuera cependant de jouer un rôle extrêmement important dans la détermination des impacts environnementaux de la consommation d'énergie. Comme il représente le produit énergétique le plus commercialisé, il influe sur la tarification de l'énergie dans son ensemble. Le prix mondial du pétrole demeurera, dans un avenir prévisible, le facteur qui conditionnera le plus la dimension économique non seulement des projets d'approvisionnement en pétrole, mais également des sources d'énergie renouvelables et de la pénétration des techniques d'amélioration du rendement énergétique.

4. La réduction des émissions atmosphériques

Grâce aux mesures de réglementation et aux négociations internationales, le Canada a réduit de façon importante les émissions de gaz à l'origine des dépôts acides. Ces réductions devraient, à terme, permettre le rétablissement de certaines des zones touchées. En outre, grâce à une combustion plus complète des carburants et aux convertisseurs catalytiques des voitures ainsi qu'au rendement accru du parc automobile — ces améliorations étant, dans les deux cas, dues en grande partie aux mesures réglementaires —, le Canada a également amélioré sensiblement la qualité de l'air en milieu urbain. D'autres progrès sont possibles en ce qui a trait aux émissions des nouvelles voitures si, dans un proche avenir, le Canada choisit d'adopter les normes plus strictes en vigueur en Californie. Toutefois, l'augmentation du nombre d'automobiles et de leur utilisation neutralisent partiellement les améliorations apportées sur le plan des émissions des voitures particulières.

Les options permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone sont plus limitées puisqu'il n'existe aucune technique satisfaisante d'élimination de ce gaz. L'objectif que s'est fixé le Canada de plafonner aux niveaux de 1990 les émissions de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre d'ici l'an 2000 constitue une première étape. D'autres réductions sont nécessaires et elles doivent être basées sur un pro-

gramme mondialement accepté comportant à la fois des cibles et des calendriers d'exécution. Le coût d'une réduction de 60 à 70 % des émissions de dioxyde de carbone à l'échelle planétaire — mesure qu'un grand nombre de scientifiques estiment nécessaire pour stabiliser les concentrations de ce gaz dans l'atmosphère — s'élèverait toutefois vraisemblablement à plusieurs milliards de dollars par année. En outre, une telle initiative entraînerait une conversion massive à des sources d'énergie basées sur des combustibles non fossiles, ce qui aurait des répercussions énormes sur les sociétés industrielles.

5. *Les impacts accrus de la production d'électricité*

Le Canada a réussi à réduire les impacts environnementaux de l'utilisation de combustibles fossiles, mais en partie aux dépens d'un refaçonnage encore plus grand de l'environnement par la production hydroélectrique, sans compter les risques associés à une plus grande dépendance face à l'énergie nucléaire. On peut supposer, d'après la forte croissance continue de la demande d'électricité et l'ampleur toujours plus grande des aménagements hydroélectriques, que l'utilisation de l'électricité imposera des coûts environnementaux de plus en plus élevés à l'avenir.

La stratégie à adopter face au changement climatique constitue aujourd'hui le plus grand défi dans le secteur de l'énergie au Canada et dans les autres pays industriels, qui consomment la majeure partie des combustibles fossiles du monde. Plus précisément, il s'agit de combler le fossé entre ce que certains croient possible de faire et ce que d'autres estiment nécessaire. D'une part, certains prétendent que même de modestes réductions absolues des émissions de dioxyde de carbone exigeraient un effort substantiel puisqu'elles nécessiteraient un engagement majeur à accroître le rendement énergétique, à utiliser d'autres combustibles et à changer de moyens de transport (Robbert Associates et Robinson, 1989). D'autre part, les climatologues s'accordent de plus en plus à dire que les émissions de dioxyde de carbone devront être réduites de 60 % pour stabiliser les concentrations atmosphériques aux niveaux de 1990 et éviter ainsi un changement majeur du climat de la planète (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990).

L'humanité est donc enfermée dans un dilemme : ou changer sensiblement son mode de vie en réduisant sa consommation de combustibles fossiles pour ralentir le réchauffement planétaire; ou maintenir son mode de vie et s'adapter aux conséquences économiques et environnementales d'un climat plus chaud. C'est l'un des dilemmes les plus difficiles de notre temps parce qu'il met en cause le fondement même de notre prospérité : la consommation de combustibles fossiles bon marché. La disponibilité de ces combustibles a, entre autres choses, stimulé la croissance économique, grandement facilité les déplacements individuels, transformé la conception des villes, créé de nouvelles industries et transformé les pratiques agricoles. Les combustibles fossiles ont une influence si grande sur la société industrielle moderne que l'on a peine à concevoir ce que pourrait être l'avenir sans eux.

La politique énergétique canadienne a depuis toujours été axée sur la sécurité des approvisionnements des consommateurs canadiens et sur la mise en valeur des industries canadiennes d'approvisionnement énergétique en tant que composantes des grands objectifs nationaux et régionaux de développement économique. Comme il fait de moins en moins de doute que les pratiques actuelles de consommation d'énergie nuisent à l'environnement, les futures orientations énergétiques devront refléter des choix plus difficiles, y compris l'impact des choix énergétiques présents sur les générations à venir. Toutes les nations n'ont pas encore une solution leur permettant de concilier la demande de plus en plus grande d'énergie et la nécessité de préserver la viabilité de l'écosystème planétaire.

OUVRAGES CITÉS

Association charbonnière canadienne. 1989. *Répertoire de 1989.* Calgary.

Association des transports du Canada. 1990. *L'infrastructure routière du Canada : quelques faits et chiffres.* Ottawa.

Association pétrolière du Canada. 1991. *CPA Review*, 15(1) : 12. Calgary.

Barrie, W.B., et C.H. Carr. 1988. *Utilisation de l'eau dans l'industrie houillère et son influence sur l'eau souterraine dans l'Ouest du Canada.* Rapport INRH no 38. Institut national de recherche en hydrologie, Environnement Canada, Saskatoon.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales. 1987. *Le Processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement.* Ottawa.

Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales. 1989. *Examen des diverses méthodes utilisées par les nations industrialisées pour la gestion et l'évacuation des déchets nucléaires de haute radioactivité.* Rapport préparé par Acres International Limited, Niagara Falls. Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, Ottawa.

Canadian Environmental Control Newsletter. 1990. « Consortium studying complex tailings sludge. » *Canadian Environmental Control Newsletter*, 426 : 3524. CCH Canadian Ltd., Don Mills (Ontario).

Comité consultatif de la Confluence énergétique. 1988. *Les Canadiens et l'énergie au seuil du XXI[e] siècle : Rapport de la Confluence énergétique.* Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin. 1990. *Rapport final. Protégeons nos eaux.* Ottawa.

Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance. 1990. *Rapport canadien d'évaluation de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides. Partie 2 : Émissions et mesures d'antipollution.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous.* Les Éditions du Fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990*a*. *Stratégie pour une action nationale concernant le réchauffement de la planète*. Winnipeg.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990*b*. *Plan de gestion des oxydes d'azote (NO_x) et composés organiques volatils (COV)*. Publication n° CCME — EPC/TRE — 31E. Winnipeg.

Culley, J.L.B., B.K. Dow, E.W. Presant et A.J. MacLean. 1981. *Effets de l'installation d'un oléoduc sur la productivité des terres cultivées en Ontario*. Direction générale de la recherche, Institut de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa.

Davis, G.R. 1990. « L'énergie sur Terre. » *Pour la science*, 157 : 26–34.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1984*a*. « Canada — Oléoducs. » Carte n° HCR 4048 (échelle 1:7 500 000) dans l'*Atlas national du Canada*, 5e éd. Direction des levés et de la cartographie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1984*b*. « Canada — Gazoducs. » Carte n° HCR 4049 (échelle 1:7 500 000) dans l'*Atlas national du Canada*, 5e éd. Direction des levés et de la cartographie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1985. « Canada — Énergie et minéraux. » Carte n° HCR 4103 (échelle 1:7 500 000) dans l'*Atlas national du Canada*, 5e éd. Direction des levés et de la cartographie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1990*a*. *La consommation d'énergie et le changement climatique : document de travail*. Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1990*b*. *Statistiques du secteur canadien de l'énergie, revue de 1989*. Division des systèmes de contrôle et d'information, Secteur de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*a*. *Renewable energy perspectives for Canada*. Bureau de recherche et développement énergétiques, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*b*. *Annuaire des minéraux du Canada : aperçu et perspectives*. Rapport minéral n° 39. Secteur de la politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1991*c*. *La statistique du charbon au Canada, 1990*. Secteur de la politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Émissions des principaux polluants atmosphériques au Canada et tendances (1970 à 1980)*. Rapport SPE 7/AP/17. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1988*a*. *Mise en valeur des ressources naturelles dans le Nord canadien. Le Nord canadien : perspective, carte n° 1*. Direction générale des eaux intérieures et Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1988*b*. *Bulletin Réservoirs souterrains non étanches 2(1) : 6*. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1991. *Premier rapport annuel sur les ententes fédérales-provinciales concernant le Programme de lutte contre les pluies acides dans l'est du Canada*. Direction des programmes industriels, Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Gotlieb, S. 1991. « Pipelines not limited by geography, economics. » *The Financial Post*, Insight, 23 août. Toronto.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada*. Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1991. *Rapport national du Canada*. Rédigé pour la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Brésil, juin 1992. Environnement Canada, Ottawa.

Groupe de travail chargé du choix d'un site. 1990. *Opter pour la coopération : un processus en marche — les premières phases*. Groupe de travail chargé du choix d'un site de gestion des déchets faiblement radioactifs, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Groupe de travail sur les indicateurs. 1991. *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada*. Rapport EDE n° 91-1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Aspects scientifiques du changement climatique*. Rapport préparé pour le GIEEC par le Groupe de travail I, mai 1990. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Izrael, Y.A. 1987. « Energy development and its effect on the environment. » *Energy*, 12(10/11) : 969–974.

Jaques, A.P. 1990. *Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987)*. Rapport SPE 3/AP/2. Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Jaques, A.P. 1991. *Greenhouse gas emissions: estimates for Canada*. Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Kosteltz, A., et M. Deslauriers. 1990. *Inventaire canadien des émissions des principaux contaminants atmosphériques (1985)*. Rapport SPE 5/AP/3. Protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Marbek Resource Consultants. 1989. *Energy demand in Canada 1973 — 1987*. Rapport d'analyse rétrospective rédigé pour Énergie, Mines et Ressources Canada. Secteur de l'énergie, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Ministère de l'Environnement du Manitoba. 1991. *State of the environment report for Manitoba, 1991*. Winnipeg.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988. *L'environnement au Québec : Un premier bilan. Synthèse*. Québec.

Ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan. 1991. *Saskatchewan state of the environment report*. Affaires publiques, ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, Regina.

National Academy of Sciences. 1985. *Oil in the sea: inputs, fates and effects*. Washington, DC.

Norecol Environmental Consultants Ltd. 1990. *Evaluations of wetlands for nutrient removal from coal mine waste water: pilot scale annual report — year 2*. Division des opérations minières et métallurgiques, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Nova Scotia Power Corporation. 1989. *Environmental practices*. Halifax.

Office national de l'énergie. 1991*a*. *Rapport annuel, 1990*. Bureau du soutien de la réglementation, Office national de l'énergie, Ottawa.

Office national de l'énergie. 1991*b*. *L'énergie au Canada : offre et demande, 1990 — 2010*. Calgary.

Ontario Hydro. 1990. *State of the environment report 1989*. Toronto.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1991. *Indicateurs d'environnement : une étude pilote*. Paris.

Pearse, P.H., F. Bertrand et J.W. MacLaren. 1985. *Vers un renouveau*. Rapport définitif de l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux. Ottawa.

Peat Marwick Stevenson & Kellog, Marbek Resource Consultants et Torrie Smith Associates. 1991. *WATSRF : le potentiel économiquement rentable d'amélioration de l'efficacité énergétique au Canada*. Rapport préparé pour le Secteur de l'énergie d'Énergie, Mines et Ressources Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Reclamation Research Technical Advisory Committee. 1991. *Annual report — 1990*. Rapport n° RRTAC 91-1. Alberta Land Conservation and Reclamation Council, Edmonton.

Robbert Associates et J. Robinson. 1989. *The potential for reducing carbon dioxide emissions in Canada.* Rapport soumis à Environnement Canada, juillet 1989. Environnement Canada, Ottawa.

Southam Business Information and Communications Group Inc. 1990. *Energy in Canada 1990 — 1991.* Southam Energy Group, Calgary.

Spearman, J. 1981. « Linear sites: only 20 metres wide but thousands of kilometres long. » *Environment Views*, 3(7) : 26–28. Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

Statistique Canada. 1978. *Activité humaine et l'environnement.* N° 11–509F au catalogue (occasionnel). Bureau du conseiller supérieur en intégration, Statistique Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1980. *Circuits de transport de l'électricité.* N° 57–000 au catalogue (annuel). Ottawa.

Statistique Canada. 1985. *Transport du pétrole par pipelines.* N° 55–201 au catalogue (annuel). Division de l'industrie, Section de l'énergie, Statistique Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1988. *Circuits de transport de l'électricité.* N° 57–000 au catalogue (annuel). Ottawa.

Statistique Canada. 1989. *Transport du pétrole par pipelines.* N° 55–201 au catalogue (annuel). Division de l'industrie, Section de l'énergie, Statistique Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1990. *Bulletin trimestriel, disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 1989 IV (juillet).* N° 57–003 au catalogue. Division de l'industrie, Section de l'énergie, Statistique Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1991. *Activité humaine et l'environnement.* N° 11–509F au catalogue. Division de l'environnement et comptes du patrimoine, Direction du système de comptabilité nationale, Statistique Canada, Ottawa.

Swatridge, L.A., et I.A. Wright. 1990. *Canada: exploring new directions.* Fitzhenry & Whiteside Ltd, Markham (Ontario).

World Resources Institute. 1990. *World resources 1990–91.* Préparé en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Programme des Nations Unies pour le développement, Oxford University Press, New York.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Agence internationale de l'énergie. 1987. *Les économies d'énergie dans les pays de l'AIE.* Organisation de coopération et de développement économiques, Paris.

Association charbonnière canadienne. 1991. *Coal.* Calgary.

Bleviss, D.L., et P. Walzer. 1990. « L'énergie de l'automobile. » *Pour la science*, 157 : 68–76.

Énergie atomique du Canada Ltée. 1989. *La gestion des déchets de combustible nucléaire au Canada.* Ottawa.

Gibbons, J.H., P.D. Blair et H.L. Gwin. 1989. « La maîtrise de l'énergie. » *Pour la science*, 145 : 96–103.

Gorrie, P. 1990. « The James Bay power project. » *Canadian Geographic*, 110(1) : 20–31.

Holden, J.P. 1987. « Global environmental issues related to energy supply. » *Energy*, 12(10/11) : 975–992.

Lowe, M.D. 1990. *Alternatives to the automobile: transport for livable cities.* Worldwatch Paper 98. Worldwatch Institute, Washington.

MacRae, K.M. 1989. *Critical issues in electric power planning in the 1990s.* Vol. 1. Study N°. 33. Canadian Research Energy Institute, Calgary.

Organisation météorologique mondiale. 1989. *L'atmosphère en évolution, implications pour la sécurité du monde : déclaration de la conférence.* Publication n° 710. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1983. *Effets sur l'environnement des systèmes énergétiques.* Le projet Compass de l'OCDE. Paris.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1985. *Effets sur l'environnement de la production d'électricité.* Paris.

Pour la science. 1990. « L'énergie sur Terre. » Numéro spécial 157, novembre.

Robinson, J.B. 1987. « Insurmountable opportunities? Canada's energy efficiency resources. » *Energy*, 12 : 403–417.

The Economist. 1991. « A survey of energy and the environment. » 320(7722) : 1–27. Londres.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre est l'œuvre collective de plusieurs personnes du secteur privé et d'Environnement Canada. Plusieurs versions du manuscrit ont été préparées par Ralph Torrie, Torrie Smith Associates (Orleans, Ontario). François Bregha, Resource Futures International (Ottawa), a complété et développé le texte et a produit une version révisée. Le manuscrit a été parachevé par Ian B. Marshall, avec le concours de Gary Ironside, Ken Redpath et John R. Reid, tous du Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa).

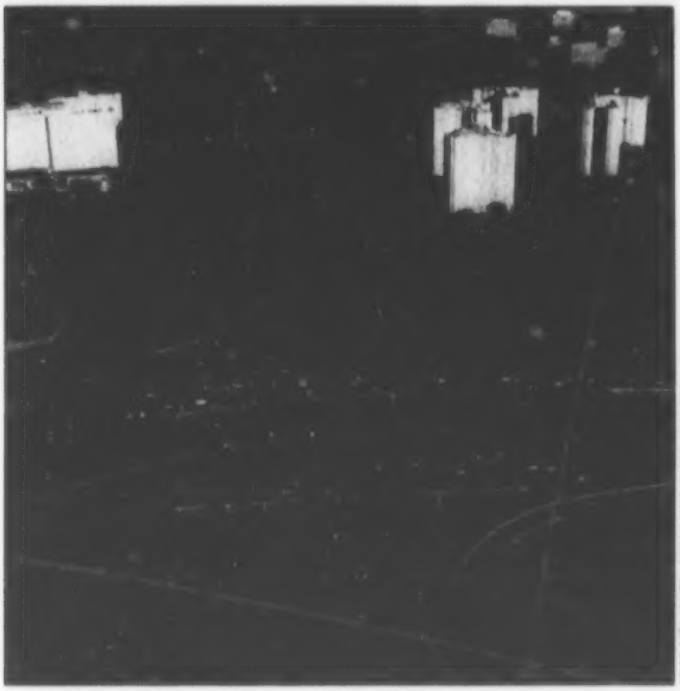
Parmi le personnel de l'Administration centrale d'Énergie, Mines et Ressources Canada ayant fourni des données en plus de conseils sur le contenu du chapitre, on compte A. Coombs et P. Sol, Secteur de la politique énergétique, ainsi que J. Barclay et E. Jasmin, Bureau des Affaires environnementales. La Direction de la politique énergétique a revu la version définitive du manuscrit et a donné de précieux conseils sur son contenu et sa présentation. Paul Chénard, Bureau des Affaires environnementales, a rassemblé des informations et a préparé une matière d'une grande utilité pour l'élaboration d'un manuscrit préliminaire.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement et par des membres du personnel d'Énergie, Mines et Ressources Canada, une révision partielle du manuscrit a été effectuée par B. Blakeman, A. Jaques, K. Karr, P. Pinault et P. Vasudev, Administration centrale, Protection de l'environnement, Environnement Canada. Nous les remercions également pour leurs nombreux conseils et renseignements. Des informations complémentaires ont été fournies par S. Roussell, Bureau du conseiller scientifique, Environnement Canada (Ottawa). C. Graziadei et G. Smalldridge, Section de l'énergie, Statistique Canada (Ottawa), ont apporté leur concours en fournissant des informations pour le chapitre.

Ian B. Marshall, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée et corrigée par Marla Sheffer.

13



GRACIEUSETÉ D'INDUSTRIE, SCIENCES ET TECHNOLOGIE CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

En 1986, plus des trois quarts de la population canadienne vivait en milieu urbain, dont la moitié dans le corridor Québec–Windsor.

▪

Principal constituant du smog photochimique, l'ozone est peut-être le plus important polluant atmosphérique urbain.

▪

À 360 L d'eau par jour et par habitant, les Canadiens viennent au deuxième rang mondial pour la consommation d'eau.

▪

Les eaux usées urbaines sont une source majeure de pollution de l'eau surtout parce qu'une bonne partie de ces eaux est insuffisamment traitée ou ne l'est pas du tout. En 1989, les eaux usées de 30 % de la population canadienne ne subissaient aucun traitement.

▪

La consommation d'énergie au Canada est la plus élevée au monde, chaque Canadien ayant consommé l'équivalent de 291 gigajoules de pétrole en 1987 (un gigajoule équivaut approximativement à l'énergie produite par 30 L d'essence). Les mesures mises en œuvre par le gouvernement pour réduire la consommation d'énergie ont connu un certain succès.

▪

Les Canadiens sont les plus grands producteurs de déchets au monde, et la plupart des régions urbaines commencent à manquer d'espace pour l'aménagement de décharges contrôlées.

▪

Étant donné la dynamique complexe de l'évolution de la structure urbaine, notamment les variations de la taille de la population, des densités démographiques moyennes et de la configuration urbaine, il est extrêmement difficile d'évaluer les impacts de la ville sur l'environnement.

▪

De 1966 à 1986, l'expansion des grandes villes canadiennes s'est faite surtout au détriment des terres agricoles; sur un total de 301 440 ha de terres rurales urbanisées, 58 % avaient un potentiel agricole élevé.

▪

Une grande partie de la consommation d'énergie au Canada est attribuable à la maison unifamiliale et à la voiture. Plus de 50 % de tous les logements construits au Canada en 1990 étaient des maisons unifamiliales, et 77 % de tous les ménages possédaient une ou plusieurs voitures en 1977.

▪

En elle-même, l'urbanisation n'est pas un fléau écologique, comme on le pense souvent. Ce sont plutôt les gens et leurs activités qui polluent l'air et les eaux, consomment l'énergie et les matériaux et produisent des déchets.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 13-4

Le Canada, un pays urbanisé 13-4

Les villes et leur milieu naturel 13-6
Les espaces verts urbains 13-6
Un virage vert 13-8

La transformation du milieu urbain 13-8
La transformation de l'air 13-8
La lutte contre la pollution atmosphérique urbaine 13-9
La persistance des problèmes de pollution atmosphérique 13-9
L'ozone, cause fréquente de la mauvaise qualité de l'air en milieu urbain 13-11
La transformation de l'eau 13-13
Une consommation d'eau excessive 13-13
Les sources de pollution de l'eau 13-13
Les eaux usées urbaines 13-13
Les eaux usées industrielles 13-14
Les eaux de ruissellement 13-14
La lutte contre la pollution de l'eau 13-15
La consommation d'énergie 13-16
L'utilisation et l'élimination des matériaux 13-16
La place de la ville dans l'écosystème 13-18

La configuration urbaine et l'environnement 13-18
La croissance et le changement urbains 13-18
L'accroissement de la population urbaine 13-18
La configuration de l'espace urbain 13-19
Les variations de la densité démographique 13-19
Les tendances contradictoires dans les transports 13-20
Les impacts de la structure urbaine sur l'environnement 13-22
La maison unifamiliale, un luxe du point de vue écologique 13-23
La demande d'espace : l'étalement urbain 13-25
L'urbanisation du territoire 13-25
La frange rurbaine 13-25
La perte de terres agricoles 13-26
La disparition des milieux humides 13-28

Vers la ville écologique 13-28

Ouvrages cités 13-32

Pour de plus amples renseignements 13-34

Remerciements 13-34

Liste des encadrés

13.1 Les déplacements urbains 13-21
13.2 L'environnement des locaux 13-24
13.3 L'état de l'environnement du point de vue urbain 13-29
13.4 La ville verte de l'avenir 13-30

Liste des figures

13.1 Les établissements urbains au Canada 13-5
13.2 Évolution des populations urbaine et rurale du Canada, 1871–1986 13-6
13.3 Le Canada dans un monde urbanisé : densité démographique et population urbaine de pays choisis 13-7
13.4 Principaux polluants atmosphériques de villes canadiennes choisies 13-10
13.5 Tendances de la pollution atmosphérique à Montréal, à Vancouver et à Hamilton, 1984–1989 13-11
13.6 Jours où la concentration d'ozone a atteint une valeur dangereuse pour la santé 13-12
13.7 Traitement des eaux usées au Canada 13-14
13.8 Traitement des eaux usées dans des centres urbains choisis, 1986 13-15
13.9 Ce que nous jetons : composition des ordures ménagères en Ontario, 1989 13-17
13.10 Variations de la population en fonction de la taille des municipalités, 1981–1986 13-19
13.11 Tendances de la densité urbaine : densité actuelle et densité de croissance dans les centres urbains selon le nombre d'habitants 13-20
13.12 Prédominance de la maison unifamiliale : proportion des types de logements et des ménages d'une ou de deux personnes, 1986 13-26
13.13 Distances parcourues : répartition des navetteurs en fonction de l'éloignement du lieu de travail dans des centres urbains choisis, 1980 13-27
13.14 Urbanisation : conversion des terres selon la taille de la population des centres urbains, 1981–1986 13-27
13.E1 Voitures immatriculées et utilisation des transports en commun 13-22
13.E2 Consommation d'énergie par mode de transport 13-22
13.E3 Principaux modes de transport urbain au Canada 13-23
13.E4 Utilisation des transports urbains par habitant selon la taille de la collectivité 13-23
13.E5 Concentration de certains polluants atmosphériques à l'intérieur et à l'extérieur des locaux 13-25

« La ville en harmonie avec la nature n'est encore qu'une vision de l'avenir, mais elle n'est pas une utopie : tout ce qu'il faut pour créer cette cité du futur est maintenant à notre portée. »

INTRODUCTION

L'évolution complète des établissements humains peut être observée dans le Canada actuel, depuis les aires sauvages inhabitées en passant par la chasse et la cueillette sans établissements humains fixes jusqu'à la culture extensive, aux petites agglomérations permanentes, aux villes caractérisées par une organisation plus complexe et, enfin, aux grandes villes et régions métropolitaines où vivent des millions de gens.

Plus on avance dans ce continuum, plus l'impact de l'être humain sur le milieu naturel est manifeste. Au Canada, la superficie urbaine représente moins de 0,2 % des terres — seulement 15 700 km^2 sur près de 10 millions de km^2 (Welch, 1980) (figure 13.1) —, mais les répercussions environnementales des activités humaines concentrées dans ces petites régions et leurs environs surpassent largement celles observées dans le reste du pays.

Dans les grandes villes en particulier, du fait d'une très forte concentration démographique, les demandes et les pressions exercées sur l'environnement convergent sur un espace limité. Les villes détruisent ou modifient considérablement les écosystèmes naturels où elles ont été bâties. L'urbanisation entraîne la disparition de ressources naturelles exploitables et la perte d'importants éléments écologiques. Les populations urbaines consomment d'énormes quantités d'énergie et polluent l'air et l'eau; les équipements urbains, tels que les réseaux de transport, peuvent accentuer ces effets. Les répercussions se font sentir bien au-delà de la région urbaine proprement dite par le biais d'activités diverses et d'utilisations des terres reliées à la vie urbaine, depuis l'extraction des ressources naturelles et le rejet de polluants jusqu'à la création de milieux bâtis dans l'arrière-pays. Il importe toutefois de faire la distinction entre les effets environnementaux de l'urbanisation comme telle, et ceux des citadins et de leurs activités. Peu d'effets seraient moins prononcés, et certains seraient même plus graves, si les populations des villes étaient dispersées et non plus concentrées dans les régions urbaines.

Le présent chapitre traite des effets que produisent sur l'environnement les activités humaines dans les centres urbains du Canada et fait état des mesures prises pour limiter au minimum les impacts.

LE CANADA, UN PAYS URBANISÉ

L'état de l'environnement au Canada, y compris les milieux naturels dans les villes et leurs environs, subit de plus en plus l'influence des zones urbaines[1] et de leurs habitants. La relation est toutefois extrêmement complexe et ne se prête guère aux généralisations. Il s'agit néanmoins d'un aspect très important de la santé de l'environnement canadien, car, en dépit de grands espaces pratiquement inhabités et d'une densité démographique très faible dans l'ensemble, le Canada est un pays urbanisé. En 1871, plus des trois quarts des Canadiens habitaient la campagne (figure 13.2). En 1986, quelque 19,4 millions d'habitants sur 25,3 millions, soit la même proportion, vivaient dans des villes (Mitchell, 1989). Parmi les 146 pays étudiés par le World Resources Institute (1990), le Canada se place au 28e rang des pays les plus urbanisés (figure 13.3).

Presque toutes les zones urbaines du Canada se trouvent à l'intérieur d'une bande relativement étroite, située juste au nord des États-Unis. En 1986, près des trois quarts des Canadiens habitaient à deux heures de voiture de la frontière canado-américaine (Mitchell, 1989). Le degré d'urbanisation varie considérablement dans cette bande : il avoisine les 80 % en Colombie-Britannique, en Alberta, en Ontario et au Québec, mais il est d'environ 50 % dans la plupart des autres provinces.

[1] Une région ou zone urbaine, telle que définie par Statistique Canada, est une région bâtie en continu où la concentration démographique est d'au moins 1 000 habitants et la densité, d'au moins 400 habitants par kilomètre carré. Dans le présent chapitre, une « grande ville » est une vaste région urbaine de 100 000 habitants ou plus. Ces termes, de même que les noms propres, désignent la région urbaine en entier, indépendamment des limites des municipalités.

FIGURE 13.1

Les établissements urbains au Canada

Répartition de la population canadienne par division de recensement en 1986, chaque point représentant 1 000 personnes.

Source : Statistique Canada, Division de la géographie.

L'Île-du-Prince-Édouard est la seule province dont la population soit encore en majorité rurale.

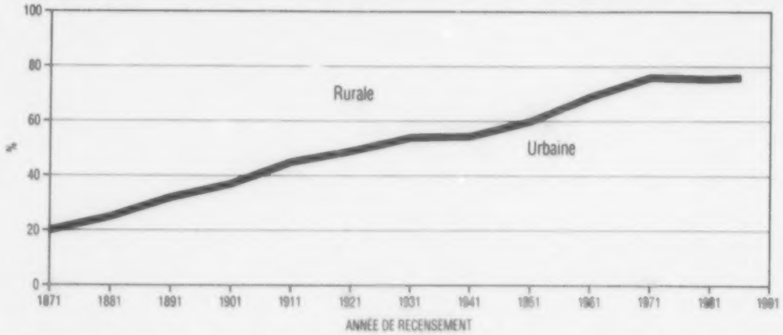
Le Canada contemporain se caractérise par deux types de réseaux urbains distincts mais superposés. Le premier, qui s'étend à travers le pays, est formé par des grandes villes très éloignées les unes des autres, disposées à peu près linéairement; chacune possède une assise économique qui lui est propre et constitue le principal centre de services d'une grande région. Toronto est considérée comme le pôle de ce réseau national d'après divers critères tels que les services financiers, les flux d'information, le trafic aérien et la prestation de divers services spécialisés. Montréal occupe également une place de choix, tandis que Vancouver prend de plus en plus d'importance avec la multiplication des rapports entre le Canada et les pays du Pacifique.

Le second réseau est constitué par un corridor de 1 000 km qui s'étend de Québec à Windsor et que l'on considère comme l'« artère principale du Canada » (Gerter et collab., 1977; Bond, 1986). Ce segment assez densément peuplé du réseau urbain national comporte un ensemble de régions urbaines, dont neuf des quinze plus grandes villes du pays (Yeates, 1975, 1985). Nombre de ces villes sont unies par des liens étroits, tant physiques que fonctionnels. La ceinture urbaine le long de la rive nord du lac Ontario forme maintenant une bande presque ininterrompue d'Oshawa à Hamilton en passant par Toronto, et tout le centre-sud de l'Ontario, dont les régions de St. Catharines–Niagara Falls et de Kitchener–Waterloo–Guelph, doit de plus en plus être vu comme un seul complexe urbain fonctionnel (Metropolitan Toronto and Region Transportation Study, 1966; Gouvernement de l'Ontario, 1970; Central Ontario Lakeshore Urban Complex Task Force, 1974).

Les agglomérations canadiennes n'appartiennent pas toutes à l'un de ces deux réseaux; bon nombre d'entre elles sont dispersées à la limite septentrionale d'exploitabilité des ressources, dans les grandes régions agricoles et sur les trois côtes du pays. La plupart sont trop petites pour être considérées comme des régions urbaines; c'est le cas, par exemple, des petits villages isolés de Terre-Neuve, des villages forestiers de la côte de la Colombie-Britannique, des hameaux des régions agricoles du Manitoba et de centaines de collectivités autochtones. Certaines villes minières sont toutefois importantes, notamment Sudbury qui compte près de 150 000 habitants. Dans presque tous les cas, ces agglomérations ont une économie de marché ou de subsistance qui dépend essentiellement de l'exploitation des ressources naturelles. Leurs liens avec le milieu naturel sont directs et fondamentaux.

FIGURE 13.2

Évolution des populations urbaine et rurale du Canada, 1871–1986



Source : Mitchell, 1989.

Bien que bon nombre de ces agglomérations tributaires des ressources survivent toujours, leur existence est précaire. Durant les dernières décennies, l'assise économique du Canada, comme celle du reste du monde occidental urbanisé, a subi une profonde mutation, passant de l'industrie lourde manufacturière traditionnelle et des industries polluantes de première transformation à des industries de services axées sur l'information et la haute technologie. On comprend sans peine l'importance d'un tel changement sur le plan écologique, même si, dans une large mesure, il ne s'agit en fait que d'un transfert du fardeau environnemental de l'activité industrielle à des régions du monde moins aptes, et peut-être moins disposées, à l'assumer. Même pour le Canada, cette évolution n'a pas que des avantages pour l'environnement; en effet, elle a entraîné notamment une augmentation considérable du fret routier.

Le virage économique du Canada a beaucoup influé sur la répartition de la croissance urbaine. En 1951, la découverte de gisements pétroliers propulsait deux modestes centres régionaux, Edmonton et Calgary, aux cinquième et sixième rangs des villes canadiennes respectivement; d'autres villes comme Saskatoon et, en Ontario, Toronto, Ottawa, London et Kitchener–Waterloo, doivent leur progression au développement d'activités économiques basées sur l'information. Par contre, des villes comme Winnipeg, Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et, en Ontario, Windsor, Hamilton, Thunder Bay et Sudbury, dont les économies s'appuient sur des industries primaires ou manufacturières lourdes, ont régressé. De fait, la population de Sudbury a diminué après 1971 avec la chute marquée de l'emploi dans l'industrie du nickel (Robinson, 1981; Hooper et collab., 1983; Simmons et Bourne, 1984, 1989).

LES VILLES ET LEUR MILIEU NATUREL

La ville ne peut exister isolément de la nature. De fait, toutes les grandes villes du Canada doivent leur existence à une caractéristique du milieu naturel, par exemple, un mouillage naturel, la configuration du réseau fluvial, les propriétés du sol ou la présence d'un gisement minier dans l'assise rocheuse. L'aménagement des villes est déterminé, dans une large mesure, par la topographie et le paysage.

Le milieu urbain peut sembler entièrement artificiel, presque complètement coupé de la nature, mais en réalité il n'en est rien. Ainsi, les habitants de Winnipeg doivent affronter, en hiver, les vents qui balaient l'avenue du Portage; les Montréalais, pour leur part, recherchent la fraîcheur des arbres du mont Royal durant les chaudes journées d'été. D'autres exigences sont encore plus fondamentales : les citadins ont besoin d'air et d'eau pour vivre et presque toutes leurs activités nécessitent de l'énergie et des matériaux dérivés des ressources naturelles.

Les Canadiens ont tendance à faire une nette distinction entre la « ville » et la « campagne », qu'ils considèrent comme des milieux totalement différents et pratiquement sans rapport. Pourtant, dans *The granite garden*, Anne Spirn écrit : « La nature est un continuum dont les aires sauvages et la ville sont les deux pôles. Les mêmes processus naturels se déroulent, tant dans le milieu sauvage que dans la ville » (Spirn, 1984). Même au cœur d'une grande ville, entre les tours à bureaux, on peut voir le ciel, sentir le vent et la pluie, et trouver quelques plantes sauvages qui émergent timidement d'une fissure dans la masse de béton et d'asphalte. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre-ville, on trouve probablement un lac ou un cours d'eau, la mer ou des champs et des bois. On ne constate aucune séparation nette entre la ville et la campagne environnante, mais plutôt une zone de transition non aménagée.

Les espaces verts urbains

En milieu urbain, la nature est surtout perceptible dans les espaces verts de la ville et de ses environs : terrains boisés ou humides, vallées fluviales et ravins, prairies naturelles et haies. Certains de ces espaces ont été intentionnellement préservés et protégés, d'autres ont tout simplement échappé à l'étalement urbain, d'autres encore sont des terrains abandonnés reconquis par la nature. Si la plupart de ces vestiges sont peu étendus et répartis au hasard, ils n'en remplissent pas moins plusieurs fonctions importantes : ils constituent une protection contre l'érosion du sol et les inondations et contribuent à l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau ainsi qu'à la régularisation du climat local et du bruit. Certains sont très précieux parce qu'ils préservent la diversité du biote et des écosystèmes naturels, parfois uniques; c'est le cas, par exemple, des vestiges de la forêt carolinienne dans la vallée de la rivière Rouge à Toronto, de la tourbière subarctique de la Mer Bleue près d'Ottawa et de

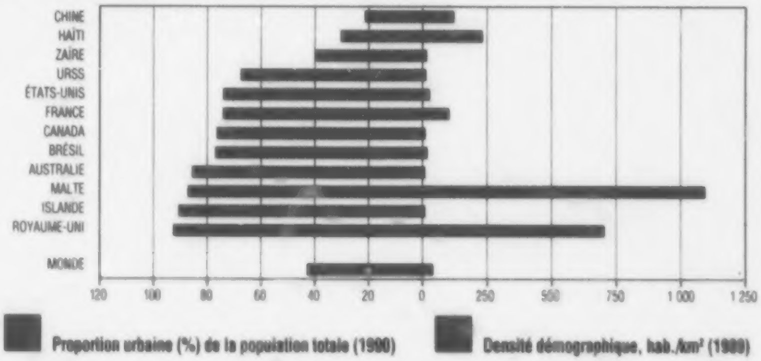
la prairie à herbes hautes près de Winnipeg. En plus de leur valeur écologique, ces espaces verts peuvent aussi présenter un attrait esthétique et offrir aux citadins des activités récréatives (randonnées pédestres et observation de la faune et de la flore).

Dans la ville même, les espaces naturels sont en général des parcs urbains officiellement désignés comme tels et dont la superficie, les caractéristiques physiques et l'utilisation varient considérablement. Certains parcs immenses, dont le parc Stanley à Vancouver, ont conservé une partie de leur caractère sauvage. D'autres, aux dimensions assez réduites comme le carré Phillips à Montréal, sont totalement intégrés au tissu urbain et très fréquentés. Entre ces deux extrêmes, on trouve tous les intermédiaires : terrains de sports ou de jeux, jardins d'agrément, petits parcs de quartiers où l'on peut « prendre l'air ». La valeur environnementale de ces espaces dégagés varie grandement.

Si quelques parcs urbains sont assez étendus pour abriter des écosystèmes naturels et procurer un habitat à une variété d'espèces sauvages, ils n'échappent pas pour autant à l'influence considérable du milieu urbain environnant. Le mont Royal à Montréal est en grande partie réservé aux cimetières et constitue pour l'essentiel un parc urbain soigneusement aménagé plutôt qu'une aire sauvage. (Néanmoins, les Montréalais, désireux de préserver le caractère du parc comme réserve naturelle, ont récemment rejeté un projet municipal visant à augmenter l'accès du parc et à intensifier son utilisation à des fins récréatives.) La région de Toronto était autrefois sillonnée de ravins, mais la plupart ont disparu ou se sont beaucoup dégradés par suite des remblayages, du déversement de déchets, de la canalisation et de la dérivation des cours d'eau ainsi que de la construction de routes et de voies ferrées. Une partie importante du parc Stanley est utilisée intensivement à des fins récréatives. Le reste du parc est si fréquenté par les promeneurs, joggeurs, cyclistes et skieurs que le milieu a perdu beaucoup de ses caractéristiques biotiques et écologiques.

FIGURE 13.3

Le Canada dans un monde urbanisé : densité démographique et population urbaine de pays choisis



Remarque : Sur 146 pays, le Canada se classe au 8e rang des pays les moins densément peuplés et au 28e rang des pays les plus urbanisés.

Source : World Resources Institute, 1990.

La plupart des autres parcs urbains ont une vocation récréative. Les lieux d'activité comme les terrains de football et de baseball, les patinoires et les terrains de jeux sont pratiquement dénués d'intérêt sur le plan écologique, sauf dans la mesure où ils réduisent le ruissellement et, dans certains cas, comportent un petit îlot paysager ou quelques arbres. Ils peuvent très bien avoir un impact négatif sur l'environnement en raison, par exemple, de la consommation d'énergie que nécessite l'entretien des installations, ou encore, dans le cas des patinoires, de la production de glace. Ce bilan négatif vaut même pour les terrains de golf : bien que l'on y trouve souvent une importante superficie boisée, leurs systèmes d'irrigation consomment beaucoup d'eau et d'énergie. En outre, leur entretien nécessite l'emploi de grandes quantités d'herbicides et d'engrais.

Au nombre des parcs récréatifs aménagés principalement pour un usage intensif — même s'il s'agit d'activités de détente — et pour leur attrait esthétique figurent les jardins botaniques et les grands jardins publics aux pelouses bien entretenues, ombragées ici et là. Souvent, l'introduction d'espèces végétales exotiques perturbe l'écosystème naturel, les nouvelles plantes remplaçant des espèces indigènes ou propageant de nouvelles maladies. Le parc aménagé dans les moindres détails, même s'il permet aux citadins de s'adonner à leurs loisirs, peut contribuer à réduire la diversité biologique du milieu. En outre, à l'instar du terrain de golf, l'entretien d'un tel parc est généralement assuré à l'aide d'une profusion de pesticides, d'herbicides et d'engrais qui polluent les lacs et les cours d'eau et accélèrent leur eutrophisation. Heureusement, certaines villes s'efforcent de réduire l'emploi des produits chimiques par la mise en œuvre de programmes de lutte intégrée contre les ravageurs.

Une grande partie des espaces verts des villes sont entretenus par des particuliers; c'est le cas, par exemple, des cours des habitations urbaines et des jardins communautaires. En plus de la valeur qu'ils représentent pour les gens qui les entretiennent, ils embellissent l'ensemble du paysage urbain. Combinés aux programmes municipaux de plantation d'arbres, ils contribuent aussi à l'assainissement de l'air ambiant, à la réduction du ruissellement et à la réduction du volume des déchets grâce au compostage; ici encore toutefois, l'usage répandu des pesticides et des engrais chimiques vient jeter une ombre au tableau.

Les espaces verts sont souvent entourés de milieux urbains très actifs, peu hospitaliers pour les animaux sauvages. Beaucoup d'espèces se sont néanmoins adaptées : ratons laveurs, marmottes, renards, blaireaux et mouffettes s'installent dans les garages, les décharges et les ponceaux. Les décharges représentent également une source de nourriture, non seulement pour les ours, les goélands et les corneilles, mais aussi pour les rats, les mulots et certaines couleuvres ainsi que les vers de terre (Leedy et collab., 1978). Le remblayage, qui permet d'aménager de nouveaux terrains riverains — comme la flèche de la rue Leslie à Toronto — , peut fournir des habitats aux poissons, aux oiseaux et même aux animaux terrestres, mais il peut aussi détruire l'habitat des poissons et perturber les écosystèmes aquatiques.

Un virage vert

Dans tout le Canada, les autorités municipales s'efforcent d'améliorer la qualité environnementale et récréative des parcs urbains et de favoriser l'aménagement d'un milieu urbain plus vert et biologiquement plus riche.

- Dans certaines villes, on cherche à conserver, voire à étendre, les couloirs naturels comme le ravin Whitemud à Edmonton, qui constitue un habitat pour des cervidés, des coyotes, des castors, des lapins et d'autres petits mammifères de même que des oiseaux, des reptiles et des insectes.

- Les municipalités créent de nouvelles aires naturelles, parfois, presque par accident. Ainsi, la flèche de la rue Leslie à Toronto, construite par remblayage, visait à l'origine à agrandir les installations portuaires mais elle est devenue une vaste aire naturelle où l'on trouve plus de 300 espèces d'oiseaux, 275 espèces végétales et plusieurs espèces d'amphibiens, de reptiles et de mammifères (Friends of the Spit, 1990*a*, 1990*b*). C'est maintenant officiellement un parc.

- Les autorités de la ville de Montréal ont entrepris d'implanter un réseau d'espaces dégagés grâce à l'aménagement de couloirs verts entre les parcs existants, les terrains d'institutions religieuses et d'anciens terrains industriels, les rives des cours d'eau et d'autres espaces verts ou sites destinés à le devenir. Ce réseau, que l'on pourra parcourir à pied ou à bicyclette, contribuera au rétablissement de la diversité biologique et à la restauration des écosystèmes.

- Montréal, Toronto, Winnipeg, Vancouver, Halifax et d'autres villes riveraines récupèrent les anciens terrains industriels et portuaires et en réservent au moins une partie comme espaces dégagés. Les villes dotées de cours d'eau tentent de restaurer les berges et de redonner aux masses d'eau leur qualité originelle.

- Des villes comme North York, en Ontario, commencent à restaurer l'état naturel d'une partie de leurs réseaux de parcs en y favorisant le retour d'une nature sauvage semblable à celle qui existait à l'origine.

- Plusieurs villes et organismes privés favorisent la plantation généralisée d'arbres : toutes les villes possèdent des terrains inoccupés au bord des routes et des boulevards et autour des immeubles publics où des arbres peuvent pousser. À Québec, on a lancé un programme de foresterie urbaine, avec des guides techniques, des règlements sur la protection des arbres, un inventaire forestier informatisé et des programmes de gestion. À Halifax, le nouveau plan d'urbanisation prévoit la protection des arbres d'ombrage ainsi que la mise en œuvre de programmes de plantation.

- Le rétablissement du faucon pèlerin, une espèce en danger de disparition, a été réussie dans les centres-villes. À Montréal, des faucons nichent sur l'immeuble de la Sun Life, qui donne sur le carré Dorchester, où ils chassent les pigeons.

- Dans certaines villes comme Vancouver et North York, les autorités ont décidé de remplacer à titre expérimental le matériel d'entretien des pelouses par des moutons ou des oies, au risque toutefois que ces animaux deviennent une nuisance aux yeux de la population.

Ce virage vert montre que les citadins prennent de plus en plus conscience de l'importance de la nature et des espaces verts, et ce, tant au point de vue écologique que sur le plan de la santé sociale de la ville et de la santé physique et mentale de ses habitants. Cette prise de conscience est favorisée par des mouvements comme Villes en santé/Healthy Communities, qui mobilisent de nombreux secteurs et groupes d'intérêts dans la mise en œuvre de projets axés sur l'amélioration de la qualité de vie de la collectivité (Institut canadien des urbanistes, 1989). Toutefois, il reste encore beaucoup de travail à faire pour intégrer les milieux naturels et les milieux bâtis.

LA TRANSFORMATION DU MILIEU URBAIN

Les espaces verts constituent un lien très visible entre le milieu naturel et le milieu bâti, mais des liens encore plus fondamentaux unissent la ville à l'écosystème dans son ensemble. Pour vivre, les citadins ont besoin d'air, d'eau, d'énergie, de matériaux et de terres. Chacun de ces éléments est indispensable à la ville; chacun est utilisé et restitué dans un état modifié, voire complètement différent, par la ville qui canalise et transforme les flux complexes de l'écosystème naturel.

La transformation de l'air

Ce sont les activités des citadins, et non la ville elle-même, qui dépendent de l'air et en modifient les caractéristiques. Néanmoins, la concentration des habitants et des activités en milieu urbain et, dans une certaine mesure, la zone bâtie elle-même exercent des effets particuliers sur l'atmosphère.

L'air des villes est généralement plus pollué que celui des campagnes environnantes et, à plus forte raison,

que celui des régions éloignées. En plus de produire davantage de polluants, les villes créent aussi des microclimats comme les îlots thermiques, qui se forment lorsque les surfaces dures des rues et des bâtiments absorbent l'énergie thermique puis la restituent. L'atmosphère urbaine amplifie la conservation de chaleur : les polluants atmosphériques généralement présents à de plus fortes concentrations en milieu urbain absorbent directement l'énergie solaire et renvoient de la chaleur. Le réchauffement s'accentue encore avec la chaleur dégagée par les véhicules et par les immeubles. Dans une ville canadienne, la température peut ainsi augmenter de 1 à 2 °C en moyenne, et jusqu'à 12 °C dans les cas extrêmes. (Au chapitre 2, on examine plus en détail les causes et les effets du phénomène des îlots thermiques urbains.)

La lutte contre la pollution atmosphérique urbaine

Au Canada, les principaux polluants atmosphériques sont le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone, le monoxyde de carbone et les particules en suspension, lesquelles comprennent les particules d'origine naturelle, comme la poussière de cendres provenant des incendies de forêt, et les particules résultant d'activités humaines, comme les hydrocarbures imbrûlés des carburants et combustibles. Comme ces polluants atmosphériques bien connus proviennent principalement des véhicules, des systèmes de chauffage domiciliaire et des procédés commerciaux et industriels, ils sont fortement concentrés dans les villes, grandes et petites. La figure 13.4 donne, pour chacun de ces polluants, les concentrations mesurées récemment dans diverses villes canadiennes.

Les concentrations des polluants sont mesurées dans les stations du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA). Ces stations sont installées dans les régions urbaines et permettent de surveiller la qualité de l'air là où un grand nombre de personnes peuvent être touchées. Cette surveillance permet de réagir promptement lorsque les concentrations de polluants urbains sont élevées. On ne peut cependant évaluer la qualité de l'air qu'aux environs immédiats de la station, ce qui n'est pas nécessairement représentatif d'un secteur plus étendu. Par ailleurs, il n'existe pas de réseau de surveillance global en milieu rural; pour comparer la qualité de l'air urbain à celle de l'air rural, on est donc limité à l'analyse d'un ou deux polluants dans quelques régions seulement. (Pour en savoir davantage sur le RNSPA, voir le chapitre 2; pour un examen plus approfondi des polluants, voir les chapitres 2 et 21.)

Tous les paliers gouvernementaux se sont engagés dans la lutte contre la pollution atmosphérique. Par exemple, le gouvernement fédéral a adopté des règlements sur l'élimination graduelle de l'essence au plomb et certains gouvernements provinciaux ont imposé des limites de plus en plus strictes touchant les rejets industriels dans l'atmosphère. Certains gouvernements provinciaux et des municipalités ont pris des dispositions pour décourager l'utilisation des voitures privées en région urbaine au profit des transports en commun et de la bicyclette. Les gouvernements fédéral et provinciaux ont aussi établi conjointement des objectifs nationaux en matière de qualité de l'air.

Ces mesures ont donné certains résultats positifs. Par exemple, de 1977 à 1989, les concentrations moyennes de polluants mesurées par le biais du RNSPA ont diminué dans les proportions suivantes : dioxyde de soufre, 52 %; dioxyde d'azote, 32 %; monoxyde de carbone, 63 %; plomb atmosphérique, 93 %; et particules totales en suspension, 44 %. Bien que les sources de particules atmosphériques, tant naturelles qu'industrielles, soient dans une grande mesure situées hors des régions urbaines, la baisse des concentrations observée dans les villes témoigne des effets bénéfiques de l'emploi d'énergies plus propres comme le gaz naturel, d'innovations techniques comme l'amélioration du rendement des systèmes de chauffage et de l'utilisation d'autres procédés industriels et commerciaux plus propres. La concentration particulaire a aussi diminué en raison du remplacement de surfaces de sable ou de gravier par des revêtements d'herbe ou d'asphalte (Hilborn et Still, 1990).

Malgré des variations considérables d'une ville à l'autre, voire d'un secteur à l'autre dans une même ville, on constate, à l'examen de la figure 13.4, que les objectifs nationaux en matière de qualité de l'air sont maintenant généralement atteints (Statistique Canada, 1986; Furmanczyk, 1987). On a noté une amélioration spectaculaire à Sudbury, dont les fonderies de nickel avaient été reconnues depuis longtemps comme l'une des sources majeures de pollution atmosphérique en Amérique du Nord et l'une des principales causes des dépôts acides. Il y a vingt ans, les rejets de dioxyde de soufre et d'autres polluants noircissaient les bâtiments de la ville, étouffaient la végétation dans un vaste rayon et formaient un smog suffocant en période d'inversion atmosphérique. Depuis lors, les concentrations moyennes de dioxyde de soufre ont diminué de 83 %. Les industriels de Sudbury ont fermé les anciennes fonderies et modernisé d'autres installations qui emploient de nouveaux procédés et des techniques antipollution. (La construction d'une supercheminée de 381 m, l'une des mesures antipollution mises en œuvre, n'a toutefois contribué qu'à disperser les rejets, au détriment des régions situées sous le vent.) Grâce à la remarquable amélioration de la qualité de son air, Sudbury a pu entreprendre un vaste programme de restauration de la couverture végétale ainsi qu'une importante restructuration de son économie (Richardson et collab., 1989).

La persistance des problèmes de pollution atmosphérique

Même si, en général, la concentration des principaux polluants a diminué dans l'ensemble du pays, la qualité de l'air urbain laisse encore beaucoup à désirer. Ces dernières années, la tendance à la baisse des concentrations de

FIGURE 13.4

Principaux polluants atmosphériques de villes canadiennes choisies[a]

Ville	Dioxyde de soufre (ppb)	Dioxyde d'azote (ppb)	Ozone (ppb, 1 h)	Monoxyde de carbone (ppm, 8 h)	Particules totales en suspension (µg/m³)
Concentration maximale acceptable	23	53	82	13	70
Concentration maximale souhaitable	11	23	50	5	60
Toronto	5.1	26	100	3	65
Montréal	7.1	27	85	3	40
Vancouver	6	25	58	4.8	36
Ottawa	4.5	28	45	2.5	43
Edmonton	3	24	60	3.6	46
Calgary	3	28	55	4.0	54
Winnipeg	1.5	17	80	2	46
Québec	5	31	70	3	*
Hamilton	12	25	110	2	83
St. Catharines–Niagara Falls	6	21	60	2	55
London	6	22	100	2	57
Kitchener	3	25	80	3	60
Halifax	11	12	65	2	35
Victoria	nm	nm	nm	nm	33
Windsor	8	28	100	2	54
Oshawa	6	24	110	3	55
Saskatoon	0.0	15	60	1	31
Regina	*	14	60	3	39
St John's	8	nm	90	3	31
Chicoutimi–Jonquière	nm	nm	nm	nm	nm
Sudbury	8	11	80	1	36
Sherbrooke	nm	nm	nm	nm	46
Trois-Rivières	8	nm	nm	nm	46
Kingston	nm	nm	nm	nm	
Thunder Bay	0.0	12	70	2	37
Saint-Jean (N.-B.)	10	*	70	2	32
Sydney (N.-É.)	2	nm	nm	nm	41
Fredericton	nm	nm	nm	nm	30
Charlottetown	2	nm	nm	nm	22
Whitehorse	nm	nm	nm	nm	32
Yellowknife	nm	nm	nm	nm	63
Dorset	2	19	138*M		19

* donnees insuffisantes

nm non mesuré

*M en fonction du pic maximal absolu d'ozone. Pour les autres mesures, on s'est servi d'un taux de 99,9, mais cette donnée n'était pas disponible pour Dorset.

[a] Par rapport à la moyenne de la ville.

Source : T. Furmanczyk, Environnement Canada, communication personnelle. Direction des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes.

certains polluants semble s'être arrêtée (figure 13.5). Les concentrations restent assez élevées pour entraîner la création de polluants secondaires tels que l'ozone, qui présentent de graves problèmes locaux.

Les dépôts acides constituent encore une grave menace, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde. Même si l'industrie de la fonte de Sudbury, et, en fait, l'ensemble des industries canadiennes se sont efforcées d'éliminer les polluants atmosphériques à l'origine des dépôts acides, ces derniers demeurent un fléau dans des régions très éloignées de la source de la pollution (voir le chapitre 24). Dans certaines villes, les arbres et d'autres plantes de même que de nombreux immeubles sont dégradés par les dépôts acides.

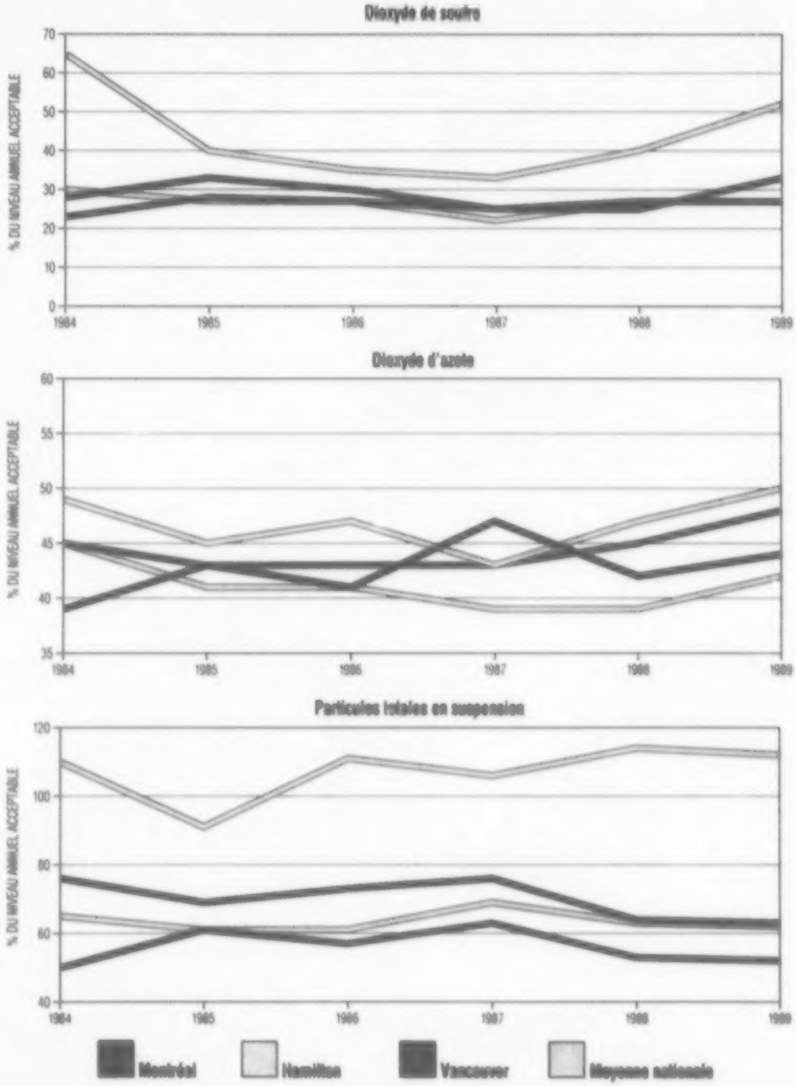
Sans être nocifs, les rejets de dioxyde de carbone sont une autre forme de pollution qui perturbe l'équilibre des gaz dans l'atmosphère de la planète. Les effets du dioxyde de carbone sur l'environnement sont beaucoup moins visibles que ceux d'autres polluants atmosphériques, mais ils peuvent être extrêmement dangereux. Le dioxyde de carbone est un des principaux gaz contribuant à l'effet de serre, mais ses concentrations continuent de s'élever partout dans le monde (voir le chapitre 22).

L'automobile est l'une des causes majeures de l'augmentation du dioxyde de carbone ainsi que d'autres polluants. On estime que la production et la combustion de carburant automobile représentent 17 % du dioxyde de carbone résultant de l'utilisation des combustibles fossiles (Reener, 1988). Dans la seule région métropolitaine de Toronto, on établit à 10 millions de tonnes les rejets annuels de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, et l'on prévoit une augmentation de 25 % au cours des 15 prochaines années (Ville de Toronto, 1989).

Les automobiles et autres véhicules sont également la principale source de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures atmosphériques et une importante source d'oxydes d'azote. Enfin, ils sont

FIGURE 13.6

Tendances de la pollution atmosphérique à Montréal, à Vancouver et à Hamilton, 1984–1989



Source : Environnement Canada, 1989.

l'une des principales causes indirectes de la formation de l'ozone de la basse troposphère (Association canadienne du transport urbain, 1990).

L'ozone, cause fréquente de la mauvaise qualité de l'air en milieu urbain

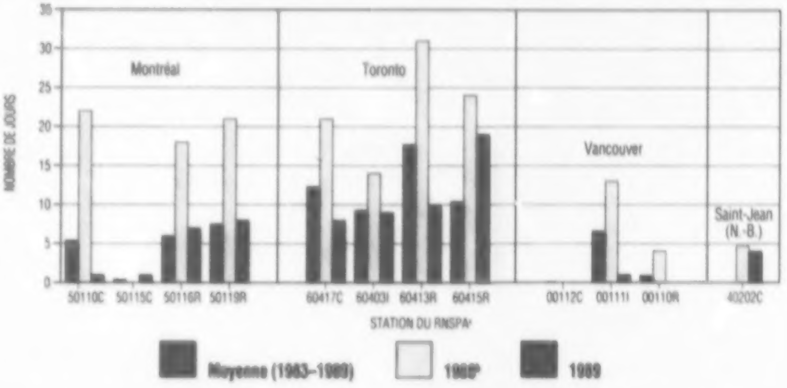
L'ozone, qui constitue environ 90 % du smog photochimique, est peut-être le polluant atmosphérique le plus important dans les villes; en Ontario, l'indice de la qualité de l'air révèle que l'ozone de la basse troposphère est la cause la plus fréquente de la mauvaise qualité de l'air en milieu urbain.

L'ozone de la basse troposphère se forme durant les mois chauds de

FIGURE 13.6

Jours où la concentration d'ozone a atteint une valeur dangereuse pour la santé

Nombre de jours où la concentration d'ozone de la basse troposphère a dépassé la valeur acceptable (>82 ppb).



[a] Stations de classe 1 choisies dans 4 villes. Type d'utilisation des terres : R = résidentiel, C = commercial et I = industriel.

[b] L'année 1988 a été une année record.

Source : Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA).

l'année, lorsque le rayonnement solaire rend possible des réactions complexes entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, essentiellement des hydrocarbures (voir le chapitre 2). Comme les véhicules, les usines et les solvants d'usage domestique sont les principales sources de ce phénomène, l'ozone provient surtout du milieu urbain, mais les nuages de pollution qui se forment au-dessus des zones densément peuplées peuvent être transportés sur de grandes distances. Par conséquent, le smog photochimique peut s'étendre sur un vaste territoire. Parmi les exemples extrêmes, mentionnons le smog qui peut couvrir de grandes parties du sud-ouest de la Californie et de la côte Est américaine pendant une bonne partie de l'été.

Un épisode d'ozone est habituellement observé lorsqu'une masse d'air stagne au-dessus d'une zone densément peuplée durant plusieurs jours de temps chaud et ensoleillé; au Canada, les concentrations d'ozone sont élevées entre mai et septembre généralement. À l'ozone formé localement s'ajoutent souvent des apports en provenance de sources éloignées. Les caractéristiques de ce transport à grande distance dépendent des vents dominants. Ainsi, les brises de mer refoulent les rejets de la région du grand Vancouver vers l'est et les font remonter dans la vallée inférieure du Fraser, si bien que les concentrations de pointe dans cette région dépassent habituellement celles mesurées à Vancouver. De même, les vents dominants du Sud-Ouest emportent les rejets des installations américaines situées au voisinage des Grands Lacs jusque dans le corridor Québec–Windsor, où ils viennent s'ajouter aux rejets locaux. Entre Windsor et Toronto, il est fréquent de mesurer des concentrations de pointe de 110 à 160 ppb, avec des valeurs maximales voisines de 190 ppb; l'objectif de la qualité de l'air fixe le maximum acceptable à 82 ppb pour une heure (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1988; Air Pollution Control Association, 1989).

Les épisodes d'ozone menacent donc la santé non seulement des habitants des régions urbaines mais aussi de ceux qui vivent dans les zones sous le vent. Des affections telles que des lésions pulmonaires se produisent surtout lors de brefs épisodes de concentrations élevées d'ozone pendant l'été. Par contre, les dommages aux cultures sont plutôt le fait de concentrations moyennes élevées durant la saison de croissance (Hilborn et Still, 1990). Les valeurs moyennes ont peu varié depuis 1979, même si celles de 1988 étaient légèrement élevées (voir le chapitre 2).

La fréquence des épisodes d'ozone à court terme a beaucoup varié de 1983 à 1989; à la figure 13.6, on peut voir combien de fois l'objectif de la qualité de l'air a été dépassé dans diverses villes. On peut même observer une différence considérable d'une station à l'autre dans une même ville. À Ottawa, par exemple, il y a une station de surveillance dans le centre-ville et une autre dans un parc situé près de la rivière Rideau. De 1983 à 1989, la concentration d'ozone a dépassé le maximum acceptable de 82 ppb pour une heure pendant 3,7 jours par année en moyenne à la station du parc, tandis qu'à la station du centre-ville, cette limite n'a jamais été dépassée. Les concentrations d'ozone sont, elles aussi, très variables. Ainsi, à Ottawa, les concentrations mesurées à la station du parc sont régulièrement supérieures à celles du centre-ville, qui est pourtant très animé.

Bien qu'il n'y ait rien d'étonnant à ce que les concentrations d'ozone varient, les observations d'Ottawa présentent de l'intérêt dans la mesure où l'on aurait pu s'attendre que ces concentrations atteignent leur maximum en pleine ville, où l'on trouve les plus fortes concentrations de polluants primaires. Cette inversion montre combien le problème de l'ozone est complexe. L'explication tient probablement au fait que les concentrations d'oxyde nitrique sont relativement élevées en ville. En effet, cet oxyde réagit avec l'ozone pour former du dioxyde d'azote, qui est un destructeur d'ozone. La station du centre-ville est située près d'un arrêt d'autobus très fréquenté; on y mesure régulièrement des concentrations maximales d'oxyde nitrique de 80 ppb pour 24 heures, contre 50 ppb à l'autre station.

La chimie atmosphérique et les facteurs météorologiques qui déterminent les concentrations d'ozone sont particulièrement complexes. L'ozone de la basse troposphère étant un polluant secon-

daire, ou dérivé, il est impossible de s'y attaquer directement et ce sont les substances dont il dérive qu'il faut éliminer, à savoir les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. Toutefois, il est difficile de déterminer s'il est plus efficace d'éliminer seulement les oxydes d'azote, seulement les composés organiques volatils, ou les deux à la fois. Même les études de modélisation et les analyses informatiques complexes et coûteuses n'apportent parfois aucun élément concluant. Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que la solution consiste à essayer de réduire les deux types de pollution. Les véhicules automobiles et leur utilisation deviennent alors la principale cible puisqu'il s'agit de sources importantes aussi bien d'oxydes d'azote que de composés organiques volatils. Dans la première phase d'un plan de gestion national des oxydes d'azote et de composés organiques volatils, l'objectif est de réduire d'environ 700 000 t, d'ici 2005, les rejets de ces deux groupes de substances provenant de toutes les sources d'importance.

La transformation de l'eau

L'eau circule continuellement dans l'écosphère sous forme de pluie ou de neige et à l'état de vapeur, dans les fleuves, les rivières et les ruisseaux, dans les nappes souterraines, les lacs, les mers et les océans. Utilisée en grande quantité dans les villes du Canada, l'eau réintègre finalement le cycle hydrologique après avoir été chargée de diverses impuretés.

Bien que des polluants puissent s'infiltrer dans les réserves d'eau souterraine des villes, ce sont surtout les masses d'eau de surface (lacs et cours d'eau) qui risquent d'être contaminées par des sources diverses : effluents industriels et urbains, eaux de ruissellement des terres agricoles et dépôts acides. Par exemple, Toronto et la plupart de ses proches voisins s'approvisionnent en eau dans le lac Ontario, qui a été très pollué. De même, dans les régions de Montréal, de Québec et du lac Saint-Pierre, la moitié des tributaires du Saint-Laurent sont gravement dégradés (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988). Cette dégradation à grande échelle est de loin le plus grave des problèmes de qualité de l'eau auxquels sont confrontées les villes; toutefois, la qualité de l'eau peut aussi être altérée en raison de la distance de transit dans les canalisations d'alimentation, et ce, à cause du mauvais état de ces dernières, de la corrosion, des fuites et parfois du matériau utilisé, comme dans le cas des vieilles conduites principales en plomb.

Pour respecter les normes d'hygiène publique, on traite l'eau d'alimentation des villes afin d'éliminer ou de neutraliser les substances dangereuses telles que les bactéries et les produits chimiques provenant des rejets industriels. On peut aussi en abaisser la teneur en minéraux pour l'adoucir et améliorer ainsi l'efficacité des détergents. Certaines industries doivent épurer davantage l'eau dont elles ont besoin en raison des exigences spéciales de leurs procédés. On révise actuellement les Recommandations pour la qualité des eaux au Canada en vue d'y ajouter un grand nombre de substances maintenant présentes dans l'eau et susceptibles d'avoir des effets nocifs sur la santé (Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, 1987). Cependant, comme il est impossible de traiter les lacs et les cours d'eau, les villes doivent parfois y restreindre la baignade et la pêche sportive pour protéger la santé publique.

Une consommation d'eau excessive

Les Canadiens utilisent l'eau sans modération; à raison de 360 L par jour et par habitant, ils sont les deuxièmes consommateurs d'eau dans le monde. La tarification pratiquée au Canada encourage ce gaspillage; en effet, 37 % des Canadiens paient un montant fixe, quelle que soit leur consommation, tandis que 34 % paient un tarif unitaire dégressif (Tate, 1990). En fait, le coût du traitement, du pompage et de la distribution de l'eau douce dépasse de loin le prix que paient les Canadiens.

Une tarification plus réaliste favoriserait une utilisation avisée et économe de l'eau dans les régions où l'approvisionnement en eau potable est une préoccupation majeure, comme dans les localités tributaires de réserves souterraines limitées. Ailleurs, il serait moins nécessaire de perturber les réseaux hydrographiques naturels pour augmenter l'approvisionnement. De plus, en valorisant l'eau en tant que ressource, une tarification judicieuse pourrait même freiner la pollution de l'eau et procurer des revenus accrus pour l'entretien, la réparation et le remplacement des installations de traitement et de distribution. L'élaboration de directives de planification ainsi que la recherche et le développement devraient aussi permettre de trouver des modes d'utilisation de l'eau plus efficaces sur le plan technique et social, et d'adopter de nouveaux procédés moins polluants dans l'ensemble, comme des systèmes de recyclage de l'eau.

Les sources de pollution de l'eau

Une fois utilisée, l'eau est évacuée de la ville principalement sous forme d'eaux usées (urbaines et industrielles) et d'eaux de ruissellement. Ces trois formes de rejets sont des sources majeures de pollution.

Les eaux usées urbaines

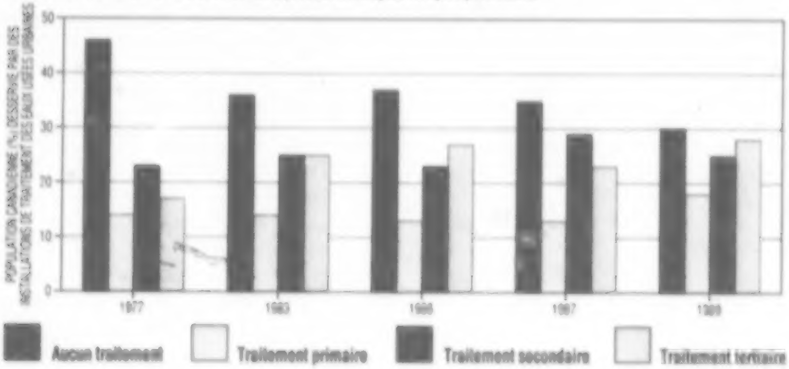
Les eaux usées urbaines sont l'une des principales sources de la pollution de l'eau (Pearse et collab., 1985), surtout parce qu'une bonne partie de ces eaux est insuffisamment traitée ou ne l'est pas du tout (figures 13.7 et 13.8). En 1989, une enquête portant sur 86 % de la population canadienne a révélé que les eaux usées de 30 % de la population étudiée ne subissaient aucun traitement (Environnement Canada, sans date *a*). Même les grands centres de Montréal et de Québec déversent encore une partie de leurs eaux usées sans traitement préalable dans le fleuve Saint-Laurent, et des villes côtières comme Halifax et Victoria rejettent leurs eaux usées directement dans l'océan.

Les volumes sont aussi très importants; on estime que, en 1985, les déversements quotidiens d'eaux usées urbaines au Canada représentaient une demande

FIGURE 13.7

Traitement des eaux usées au Canada

Le traitement primaire réduit la concentration des matières solides totales en suspension. Le traitement secondaire réduit la demande biochimique en oxygène et diminue davantage la concentration des matières solides. Le traitement tertiaire réduit la teneur en éléments nutritifs et en certains produits chimiques toxiques persistants.



Source : Environnement Canada, Base de données sur les utilisations de l'eau par les municipalités et Inventaire national des ouvrages municipaux d'approvisionnement en eau potable et d'évacuation des eaux usées au Canada.

biochimique en oxygène d'environ 1 300 t et contenaient 1 200 t de matières solides en suspension (Pearse et collab., 1985; Statistique Canada, 1986). Par exemple, à Halifax seulement, une quarantaine d'émissaires d'évacuation déversent chaque jour environ 200 millions de litres d'eaux usées brutes dans le port. Souvent, l'excès d'éléments nutritifs entraîne la prolifération d'algues microscopiques à la surface des eaux; en plus d'être inesthétiques et malodorantes, ces fleurs d'eau sont parfois dangereuses pour la santé. Par ailleurs, les sédiments dans le port sont riches en bactéries fécales, autres coliformes et produits chimiques toxiques, ce qui peut entraîner la fermeture de plages et des restrictions sur la récolte de coquillages et crustacés.

Heureusement, le nettoyage du port de Halifax est en cours grâce à un programme fédéral-provincial de 200 millions de dollars. En 1988, les autorités fédérales, provinciales et municipales ont engagé 195,7 millions de dollars dans la conception et la construction d'un système régional de traitement des eaux usées. En fait, le traitement de ces eaux s'améliore partout au Canada. Dans la majeure partie du pays, les nouveaux développements urbains sont équipés presque automatiquement d'égouts, mais pas nécessairement d'installations d'épuration. La ville de Montréal a construit une nouvelle usine de traitement qui reçoit les eaux usées recueillies par un réseau collecteur de plus de 100 km le long des rives nord et sud de l'île. Au Québec, 614 autres villes — quelque 5 millions d'habitants — avaient mis en œuvre des programmes d'amélioration de la qualité des eaux usées en 1987 (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988).

En dépit de ces nouveaux programmes, il reste que bon nombre des installations existantes sont de moins en moins adéquates : les conduites principales des réseaux d'alimentation, les égouts et les usines de traitement vieillissent et se détériorent graduellement. Dans les villes plus anciennes de l'est et du centre du Canada, certaines grandes conduites des réseaux d'alimentation ont maintenant plus de 100 ans et les égouts unitaires acheminent l'eau de pluie et les eaux d'égout aux usines de traitement. Lors de fortes pluies, ces installations peuvent être surchargées, si bien que les eaux pluviales et les eaux usées domestiques sont évacuées sans traitement. En 1984, 10 % des municipalités ayant fait l'objet d'une étude ont déclaré que leurs stations d'épuration de l'eau étaient inutilisables ou nécessitaient des réparations majeures et 8 % ont signalé la même chose à propos de leurs installations de traitement des eaux usées (Fédération canadienne des municipalités, 1984). Dans bien des cas, on craignait que les budgets d'entretien soient insuffisants pour empêcher la détérioration des équipements. Dans certaines villes comme Ottawa, on commence à constituer des fonds de réserve qui serviront à remplacer graduellement les vieilles conduites principales des réseaux de distribution et d'égout.

Les eaux usées industrielles

Même là où des installations de traitement permettent d'épurer adéquatement les eaux usées domestiques, il se peut que des eaux usées industrielles soient déversées directement dans les cours d'eau et les lacs. Ces eaux sont parfois très contaminées et, en outre, les polluants industriels peuvent demeurer dommageables pour l'environnement même après le traitement habituel prévu pour les eaux usées (voir le chapitre 14).

Les eaux de ruissellement

S'il est souvent possible de traiter les eaux usées industrielles à la source, la chose est par contre très difficile dans le cas des eaux de ruissellement. Chaque maison, terrain, égout pluvial, voiture et station-service est une source probable de polluants et, en ville, le volume de ruissellement est énormément grossi du fait que l'eau n'est pas retenue par les surfaces dures du milieu urbain. Généralement, les eaux de ruissellement sont captées par les égouts pluviaux et évacuées sans traitement dans un lac ou un cours d'eau récepteur, avec leur apport de graisses, d'huiles, de sel, d'engrais et de pesticides provenant des jardins, sans compter les excréments d'animaux et toutes sortes d'autres polluants. Elles sont une source importante de métaux toxiques, de composés organochlorés et d'autres polluants dangereux. Les lacs eutrophes et les cours d'eau très pollués des régions urbaines témoignent de l'ampleur du problème. Même lorsque les eaux pluviales sont acheminées à des usines de traitement, il est possible que de fortes pluies surchargent les installations.

La neige contribue également aux problèmes de ruissellement, car les polluants sont généralement 10 fois plus concentrés dans la neige des rues que dans celle des surfaces herbues. Une grande partie de la neige polluée aboutit dans les eaux de surface. En 1983, par exemple, de 250 à 300 zones urbaines du Québec ont éliminé en tout 30 millions de mètres cubes de neige, dont 64 % dans des dépotoirs, 29 % dans des rivières ou des lacs et 7 % dans des égouts (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988).

L'eau peut aussi être polluée par les déversements de matériaux d'excavation des chantiers de construction, mais c'est là un phénomène limité qui ne présente un risque sérieux pour la santé que lorsque les déblais sont contaminés. Malgré tout, ces déversements peuvent altérer les frayères.

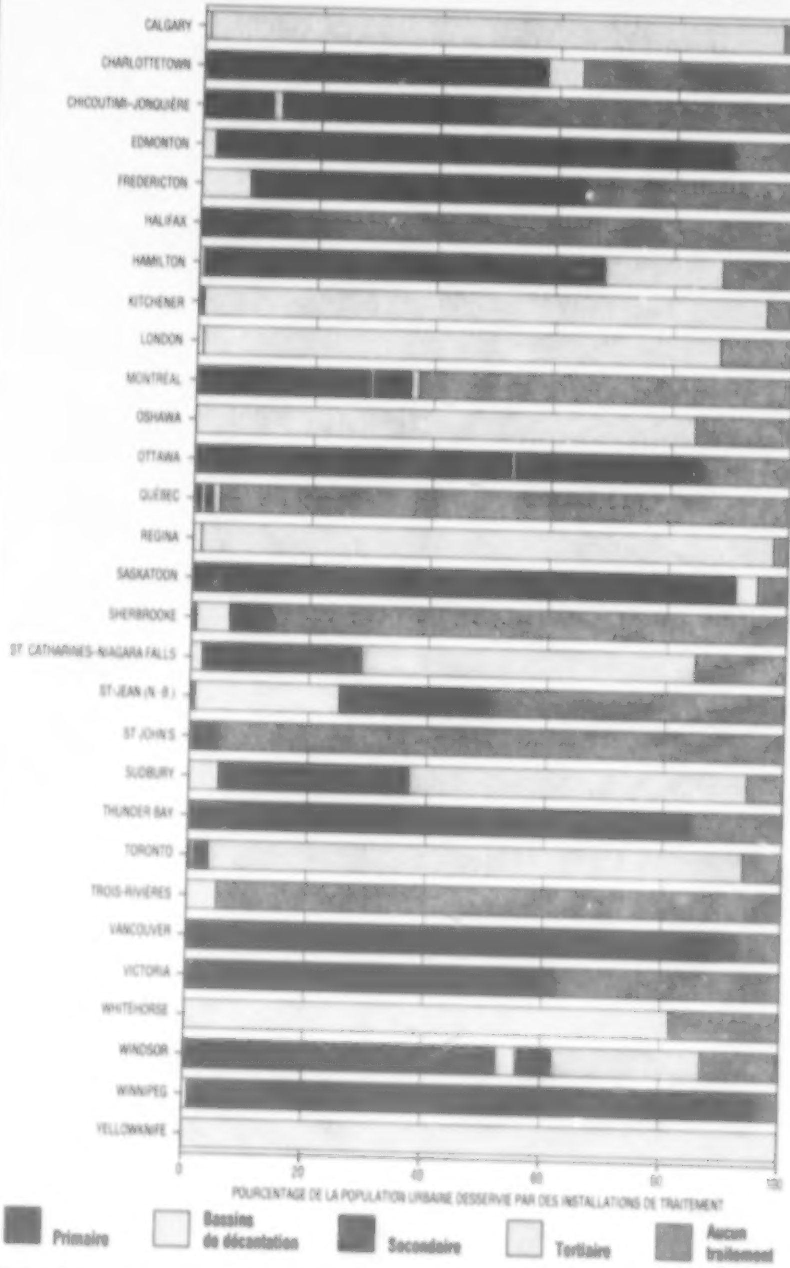
La lutte contre la pollution de l'eau

Dans tout le pays, les Canadiens ont mis en œuvre des mesures correctives à grande échelle en vue de réduire l'impact de la ville sur les cours d'eau et les lacs avoisinants. Par exemple, dans son cours inférieur, le Fraser traverse la région la plus urbanisée et la plus industrialisée de la Colombie-Britannique et la troisième région urbaine du Canada en superficie. L'estuaire du fleuve est pollué non seulement par les eaux d'égout, les effluents industriels et les eaux de ruissellement de la région, mais aussi par les polluants atmosphériques et marins (voir le chapitre 16). Le plan de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser vise à gérer les impacts de cette pollution et les répercussions d'aménagements non planifiés dans la région.

En raison de l'ampleur du problème de pollution dans les Grands Lacs (voir le chapitre 18), le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs de la Commission mixte internationale a dû désigner pas moins de 43 « secteurs de préoccupation » dont 12 sont entièrement en Ontario. Le port de Hamilton et le secteur riverain de Toronto figurent tous deux sur la liste. Dans la région de Toronto, les usines de dépollution de l'eau (traitement des eaux usées), les égouts, les sédiments contaminés et l'atmosphère sont tous d'importantes sources de polluants. Dans le cadre du plan de mesures correctives de Toronto, l'un des 17 plans du genre en cours de réalisation en Ontario, on a mis en œuvre des programmes pour remédier à certains problèmes locaux particuliers.

FIGURE 13.8

Traitement des eaux usées dans des centres urbains choisis, 1986



Source : Base de données sur les utilisations de l'eau par les municipalités et Inventaire national des ouvrages municipaux d'approvisionnement en eau potable et d'évacuation des eaux usées au Canada, Environnement Canada.

Le port de Hamilton, situé dans la baie Burlington, reçoit les rejets industriels et urbains ainsi que les eaux de ruissellement des zones urbaines et rurales d'un bassin hydrographique dont la superficie est plusieurs fois supérieure à celle des installations portuaires mêmes. Par conséquent, le plan de mesures correctives de la région fait intervenir non seulement les nombreux organismes ayant des responsabilités précises en la matière, mais aussi les intervenants intéressés; il doit tenir compte des menaces qui pèsent actuellement sur les nombreuses utilisations du port et de Cootes Paradise, l'aire adjacente de conservation et d'activités récréatives.

Le cas du port de Halifax montre combien il est difficile de parvenir à un consensus quant à la gestion du milieu marin. Devant les craintes exprimées par la population au sujet de l'emplacement éventuel des installations régionales de traitement des eaux usées, le groupe de travail du port de Halifax, constitué de membres bénévoles, s'est penché sur la question et a formulé 18 recommandations touchant l'emplacement des installations, les différents types de traitement possible et la participation du public au processus. On a maintenant choisi un site possible et les travaux devraient commencer en 1993.

Pour lutter contre la pollution massive du fleuve Saint-Laurent, le Plan d'action Saint-Laurent vise l'élimination de 90 % de tous les effluents liquides toxiques provenant de 50 points de rejet, dont bon nombre se trouvent dans des régions urbaines ou périurbaines, et notamment à Montréal. Dans le cadre du projet de décontamination des sites fédéraux, on étudie les concentrations de contaminants dans les sédiments des ports de Montréal, Trois-Rivières et Québec.

Malgré l'envergure de ces mesures, il reste un très long chemin à parcourir. Les villes et les régions urbaines sont des points de concentration névralgiques dans le cycle de l'eau; en effet, elles retirent de la circulation des quantités énormes d'eau qu'elles traitent pour la rendre raisonnablement sûre pour la consommation humaine et la restituent ensuite au cycle dans un état encore pire. Idéalement, l'eau évacuée par la ville devrait avoir conservé toute sa qualité.

La ville elle-même n'est toutefois pas la cause de la pollution de l'eau : ce sont les activités de ses habitants qui sont en cause. Si les citadins étaient dispersés en campagne tout en ayant les mêmes activités, il est probable que ni la demande d'eau, ni la pollution ne diminueraient.

La consommation d'énergie

Les Canadiens consomment l'énergie à profusion : par habitant, ce sont les plus gros consommateurs au monde. Cet état de choses est partiellement la conséquence inévitable de la situation géographique et du climat; en effet, les Canadiens ont besoin d'énergie pour garder leurs villes habitables. Néanmoins, dans des pays au climat comparable, la consommation d'énergie est bien inférieure. En 1987, chaque Canadien consommait en moyenne 291 GJ (gigajoule) d'énergie, contre environ 280 GJ aux États-Unis et 194 GJ en Union soviétique (World Resources Institute, 1990)[2]. Comme pour l'eau, la consommation élevée d'énergie des Canadiens s'explique par l'abondance apparente des approvisionnements nationaux, qui ont maintenu les prix à des niveaux peu élevés. Cette situation a favorisé la croissance d'un imposant secteur industriel à forte consommation d'énergie, mais elle a également engendré de faibles densités urbaines, la construction de bâtiments mal isolés et l'utilisation de véhicules à faible rendement énergétique.

Conjuguée à la politique gouvernementale, la tarification peut stimuler l'utilisation efficace de l'énergie, surtout avec le concours de programmes de recherche et développement axés sur les économies d'énergie et les énergies de substitution. Par exemple, après la flambée des prix du pétrole au début des années 1970, les gouvernements fédéral et provinciaux ont pris diverses mesures pour encourager les économies d'énergie et, surtout, réduire la dépendance à l'égard du pétrole. Ces initiatives ont connu un certain succès. De 1974 à 1982, la consommation moyenne d'énergie par foyer a baissé de 16 % et la consommation annuelle de mazout a diminué de 42 millions de barils (Rostum, 1987). Au Québec, il a suffi d'une vingtaine d'années, soit de 1966 à 1986, pour que la consommation moyenne d'énergie dans les habitations baisse de moitié, grâce à des programmes d'isolation des maisons et au changement des habitudes de la population (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988). Cependant, avec la stabilisation des prix du pétrole, l'économie d'énergie a perdu beaucoup de sa priorité politique. (Pour une analyse plus détaillée de la consommation d'énergie, voir le chapitre 12.)

Les Canadiens restent attachés à deux biens énergivores : la maison individuelle unifamiliale et la voiture. Il est toutefois difficile de déterminer comment la ville influe sur ces choix. La taille et l'organisation de la ville, les terrains moins coûteux en banlieue et les voies rapides qui assurent l'accès au centre-ville incitent-ils à faire de tels choix? Ou bien la maison unifamiliale et la voiture relèvent-elles d'un choix personnel, que la ville tente de décourager en offrant aux citadins des activités sociales et récréatives ainsi que des services de transport en commun efficaces dans les zones à forte densité démographique? Les nombreuses influences contradictoires en jeu sont examinées plus loin.

L'utilisation et l'élimination des matériaux

Le milieu bâti de la ville se compose de divers matériaux tels que le bois, l'acier, l'aluminium, la brique, le béton et l'asphalte. Si l'obtention de ces matériaux exige l'extraction de ressources naturelles, leur production et leur transport jusqu'à la ville consomment de l'énergie et aggravent la pollution de

[2] Un gigajoule équivaut approximativement à l'énergie produite par 30 L d'essence.

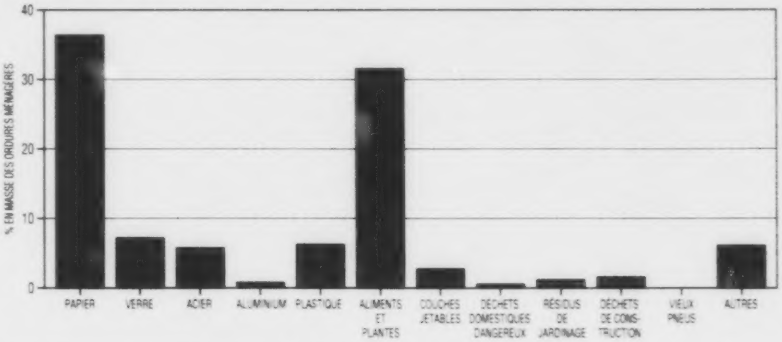
l'air. Ces matériaux peuvent même avoir des effets néfastes sur l'environnement lorsqu'ils sont éliminés, notamment lorsque du vieux bois est brûlé ou que des déchets de construction sont éliminés dans un ravin ou un marécage.

Les agrégats sont peut-être les matériaux de construction les plus utilisés dans le milieu urbain, car ils sont les principaux constituants des ouvrages en béton et des routes. Étant donné que les quantités de sable et de gravier sont considérables et que le transport des agrégats est coûteux, les carrières sont fréquentes en périphérie des régions urbaines. En 1976, elles occupaient près de 25 000 ha de terrains aux environs des villes de plus de 100 000 habitants (Environnement Canada, sans date *b*). En 1977, Environnement Canada a commandé une étude plus détaillée dans laquelle ont été recensées les carrières aux environs des régions urbaines de 500 habitants ou plus dans l'est du Canada : on en a dénombré 4 997, couvrant au total une superficie de 34 072 ha (Marshall, 1982). L'extraction du sable ou du gravier amène poussière, bruit et trafic lourd. Dans bien des cas, on détruit de bonnes terres agricoles, des terrains boisés ou d'autres éléments naturels et, habituellement, la carrière constitue une nuisance visuelle, à moins qu'elle soit bien cachée à la vue. Il arrive parfois, mais ce n'est pas la règle, que le site soit restauré à des fins agricoles si la couche arable a été conservée, ou qu'il soit réaménagé à des fins récréatives (voir le chapitre 11).

Les matériaux de construction ne représentent toutefois qu'une catégorie des produits de la consommation urbaine. En effet, il en faut toute une variété pour satisfaire les besoins des citadins : des tapis aux ordinateurs et du papier hygiénique au matériel de télécommunications. La vie utile de certains de ces produits se mesure en dizaines d'années mais, dans la plupart des cas, elle est beaucoup plus courte; presque tous sont tôt ou tard considérés comme désuets et c'est alors qu'ils sont mis aux rebuts (figure 13.9).

FIGURE 13.9

Ce que nous jetons : composition des ordures ménagères en Ontario, 1989



Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse.

Il n'y a pas très longtemps, tous les déchets — y compris les déchets industriels et toxiques — qui n'étaient habituellement pas incinérés étaient simplement mis en décharge dans des ravins accessibles ou des carrières abandonnées, ou encore étaient déversés en mer. On délaisse de plus en plus ce genre de pratique, mais il y a encore d'anciens dépotoirs abandonnés de produits dangereux qui continuent de présenter des risques pour la santé et la sécurité publiques. En outre, un certain nombre de problèmes demeurent : les sols et les eaux peuvent être contaminés par des fuites des contenants d'entreposage de produits dangereux (p. ex., les réservoirs de stockage souterrain d'hydrocarbures), par des déversements illégaux et même par des installations de traitement des déchets. Les produits commerciaux et les produits de consommation renferment encore quantités de substances toxiques, dont la plupart finissent par aboutir dans les déchets.

Avec l'avènement de l'économie de consommation, ce flot de déchets s'est accru considérablement et inclut maintenant des plastiques, des « jetables » et des quantités énormes d'emballages. Les Canadiens sont devenus les principaux producteurs de déchets au monde. En 1989, ils ont produit 20 millions de tonnes de déchets solides, soit presque 2 kg par personne et par jour (MacLaren Engineering, 1989). Le Toronto métropolitain achemine 8 905 t de déchets par jour à des décharges ou à des incinérateurs (Ville de Toronto, 1991).

Dans un grand nombre de régions urbaines, on commence à manquer d'espace pour l'aménagement de décharges contrôlées. Les nouveaux sites sont d'autant plus difficiles à trouver que leur utilisation comme décharges est incompatible avec d'autres usages et qu'il est pratiquement certain que les résidants s'y opposeront fortement, obéissant au syndrome du « pas dans ma cour ». Cette opposition à l'implantation de décharges s'explique dans une large mesure par les dangers que présentent les substances toxiques. Ce type de déchets limitent considérablement le choix des emplacements adéquats. Pour garantir la protection de la santé et de l'environnement, il est essentiel d'empêcher les produits chimiques toxiques de s'infiltrer dans les eaux souterraines. Nous ne disposons pas de données suffisantes pour mesurer l'étendue du problème du lessivage à l'échelle nationale; compte tenu de l'irréversibilité du processus (avec nos moyens techniques actuels) et de ses répercussions sur la santé et l'environnement, la question est capitale. S'il est possible de trouver un terrain adéquat, l'aménagement d'un écran d'argile devrait permettre

d'assurer l'étanchéité de la décharge, sans toutefois constituer une protection absolue (voir le chapitre 21).

L'incinération au moyen de techniques modernes est une autre possibilité mais, tout comme la mise en décharge, elle suscite dans la population une forte opposition attribuable, du moins en partie, aux impacts possibles des cendres toxiques. Comme il est très difficile d'éliminer les déchets toxiques, il est préférable de réduire le plus possible la quantité rejetée avec les déchets ordinaires en diminuant le degré de toxicité des produits de consommation et en séparant les substances dangereuses dans le processus de gestion des déchets.

On peut également réduire la production de déchets solides à la source en diminuant l'emballage, par exemple, et en réutilisant ou en recyclant les matériaux. Les programmes visant à encourager ce genre de mesures, comme le programme des « boîtes bleues » et celui du compostage domestique, ont été bien accueillis par la population, ce qui montre que les citoyens sont prêts à changer leurs habitudes pour assurer la protection de l'environnement. Toutefois, la réduction du volume des déchets solides qui a résulté de telles initiatives est jusqu'ici négligeable et il subsiste plusieurs problèmes clés. Si l'on veut réduire le coût des programmes de recyclage, il faut créer de meilleurs marchés pour l'écoulement des matières recyclées comme le papier journal. Par ailleurs, l'existence de programmes de recyclage jouissant d'une telle faveur auprès du public pourrait décourager l'adoption de stratégies de réduction et de réutilisation plus appropriées et plus rentables (voir le chapitre 25). Comme pour la consommation d'énergie et d'eau, la production excessive de déchets par les Canadiens est due, en partie du moins, aux politiques de tarification. Pour stimuler la mise en œuvre de meilleures stratégies, il faudrait inclure le coût de la gestion des déchets dans le prix des produits de consommation.

Le problème de la gestion des déchets illustre très bien le dilemme de fond de la société urbaine, industrielle et riche : comment concilier le maintien de la croissance économique et de la prospérité matérielle avec la protection de l'environnement et la conservation des ressources pour les générations à venir. Cependant, une fois de plus, le problème de la gestion des déchets n'est pas le résultat de l'urbanisation. Certes, les déchets sont devenus un problème très grave *pour* les villes, parce que c'est *dans* les villes que sont concentrées les sources de déchets et, par conséquent, que la production de déchets est volumineuse. Il reste que les déchets sont produits par les gens, leurs commerces et leurs industries. Il n'y a aucune raison de supposer qu'il y en aurait moins dans un autre cadre. Dans la ville, par contre, la cueillette, le recyclage et d'autres aspects de la gestion des déchets sont relativement économiques.

La place de la ville dans l'écosystème

La ville joue un rôle crucial dans la circulation de l'air, de l'eau, de l'énergie et des matières, qu'elle utilise et qu'elle pollue souvent avant de les restituer dans l'écosystème, après les avoir transformés. D'un point de vue écologique toutefois, l'urbanisation n'est pas un fléau, comme on le pense souvent. Ce sont les gens et leurs activités qui souillent l'air et l'eau, consomment de l'énergie et des matières et produisent des déchets. Ce n'est qu'à quelques égards — p. ex., le ruissellement sur les surfaces revêtues et la formation du smog photochimique — que le milieu urbain contribue à ces processus. Il est certain que la concentration des sources de pollution et la production de déchets en région urbaine rendent ces problèmes plus manifestes, et parfois plus dangereux pour la santé; il est tout aussi vrai que ces problèmes se règlent plus facilement en milieu urbain.

Ce n'est pas l'urbanisation qui est le problème mais plutôt la consommation, avec les pressions qu'elle exerce sur toutes les ressources et avec la production connexe de déchets rejetés dans l'air, l'eau et le sol. Il faut considérer non seulement combien de ressources et d'énergie nous consommons, mais aussi comment nous les utilisons. Les techniques et les procédés employés ne sont pas nécessairement compatibles avec le fonctionnement des écosystèmes; tous ces problèmes découlent des choix que font les Canadiens, à savoir leurs modes de production et de consommation ainsi que leurs modes de gestion des déchets. L'exemple le plus éloquent de ce qui précède est leur dépendance à l'égard de la voiture, principale cause de la pollution atmosphérique, cause majeure d'autres formes de pollution et grande consommatrice d'énergie et de matières.

LA CONFIGURATION URBAINE ET L'ENVIRONNEMENT

La croissance et le changement urbains

L'accroissement de la population urbaine

Depuis le début du siècle, la population urbaine du Canada a décuplé, passant de moins de 2 millions à 19,4 millions d'habitants. Presque toutes les villes sont en expansion, mais la population canadienne se concentre de plus en plus dans les plus grandes d'entre elles.

Ce mode de croissance n'a cependant pas toujours été constant. Les villes du Canada ont grandi rapidement durant l'après-guerre, mais, dans les années 1960, les plus grandes villes ont vu leur taux de croissance commencer à diminuer. Durant la décennie suivante, les petits centres urbains se sont développés plus vite que les grands. Au début des années 1980, les plus grandes villes ont connu à leur tour une nouvelle poussée de croissance accélérée, et les plus petites régions urbaines (30 000 habitants) ont vu leur population diminuer (Robinson, 1981; Simmons et Bourne 1984, 1989).

Ainsi, non seulement la population canadienne s'urbanise-t-elle de plus en plus, mais elle devient aussi plus métropolitaine. Au cours des années 1990, le taux de croissance urbaine a été supérieur dans les villes les plus grandes (figure 13.10). En 1951, moins de 4 Canadiens sur 10 vivaient dans une ville de 100 000 habitants ou plus; en 1986, la proportion était passée à plus de 6 sur 10. La population de ces grandes villes a plus que quadruplé, passant de 3,4 millions à 15,2 millions. Cette augmentation représente la quasi-totalité de la croissance démographique urbaine au Canada durant cette période (Mitchell, 1989). Le recensement de 1986 a révélé que près du tiers des Canadiens vivent dans trois agglomérations métropolitaines, soit Toronto (3,43 millions), Montréal (2,92 millions) et Vancouver (1,4 million).

FIGURE 13.10

Variations de la population en fonction de la taille des municipalités, 1981–1986

Source : Mitchell, 1989.

La configuration de l'espace urbain

Conjuguée aux changements démographiques et économiques, l'accroissement de la population modifie la structure ainsi que la taille de la ville.

La ville canadienne type s'articule autour d'un quartier d'affaires central très bâti regroupant des tours à bureaux, des commerces de détail et des hôtels. Ce centre est ceinturé par une zone de transition complexe où se trouvent des immeubles d'habitation relativement vieux, dont bon nombre ont été convertis à d'autres usages; des entrepôts et des usines, souvent désuets et parfois désaffectés; des terrains de stationnement et toutes sortes d'établissements, de commerces et d'entreprises de services personnels. Dans des villes actives comme Toronto et Vancouver, la prospérité entraîne un réaménagement constant du coeur de la cité; de nouveaux immeubles à bureaux et des hôtels remplacent presque tous les autres genres d'immeubles (sauf les magasins à rayons et les mails commerciaux intérieurs), et s'étalent du centre jusque dans la zone de transition.

De plus en plus, les immeubles à bureaux du quartier des affaires sont occupés par les sièges sociaux et les services professionnels et techniques connexes. Les services auxiliaires, comme les organismes de gestion des données et de l'information, s'installent dans des centres secondaires en périphérie, et même à l'extérieur de la ville, puisque la liaison peut être assurée à distance grâce à la technologie de l'information et des communications. Les industries et même les commerces de détail quittent les zones intérieures congestionnées pour des sites de banlieue plus spacieux. Ce mouvement s'inscrit dans le processus global de décentralisation fonctionnelle de la région métropolitaine, les emplois des cols blancs migrant vers les banlieues et les nouveaux centres secondaires métropolitains. Toronto et Montréal, par exemple, se prolongent dans un nombre de plus en plus grand de localités périphériques, et les navetteurs (personnes effectuant la navette entre leur domicile de banlieue et leur lieu de travail) tissent des liens d'affaires dans toute la région métropolitaine, où ils recherchent par ailleurs des loisirs et des services éducatifs.

Au-delà du quartier des affaires et de la zone de transition, la région urbaine est surtout résidentielle, avec ici et là des secteurs industriels. Dans les zones résidentielles intérieures plus anciennes, généralement plus densément bâties que les quartiers plus récents de la périphérie, les lots sont plus petits et comportent souvent un mélange d'habitations multiples. Dans les zones relativement nouvelles les plus éloignées du centre de la ville, les maisons unifamiliales prédominent (sauf au Québec).

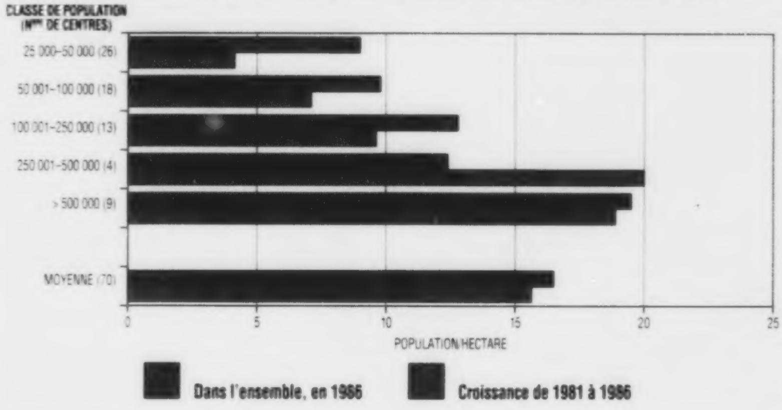
Les variations de la densité démographique

À mesure que les villes canadiennes s'étalent, la densité démographique moyenne baisse (figure 13.11). La ville densément peuplée d'autrefois, avec ses réseaux de transport rayonnant depuis le quartier des affaires, a cédé la place à la ville moderne structurée en fonction de la voiture. Le zonage a favorisé cette décentralisation et généralement encouragé le développement de grandes zones uniformes d'habitation de faible densité. Ainsi, des années 1930 aux années 1970, les densités démographiques ont continuellement diminué. Cette baisse s'est généralement accompagnée d'une migration continue des zones résidentielles plus vieilles vers les nouvelles banlieues, tandis que les nouveaux arrivants s'installaient dans les quartiers ainsi libérés.

Dans les années 1980, toutefois, cette tendance à la baisse a semblé ralentir. La réduction du nombre de personnes du ménage moyen et l'augmentation

FIGURE 13.11

Tendances de la densité urbaine : densité actuelle et densité de croissance dans les centres urbains selon le nombre d'habitants



Source : Adaptation de Warren et collab., 1989.

des ménages à une personne se sont accompagnées d'une hausse du nombre d'appartements, surtout dans les grandes villes, si bien que 30,3 % des habitations étaient des appartements en 1986. Les maisons en rangée se sont aussi répandues, particulièrement dans l'est du Canada, mais ce genre d'habitations ne représentait que 4,1 % de l'ensemble, contre 8,1 % pour les maisons semi-détachées et les duplex (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1989).

À Toronto et à Vancouver toutefois, un mouvement s'est amorcé en sens inverse, les gens d'affaires et les professionnels de la classe moyenne préférant la commodité des appartements du centre ainsi que les maisons rénovées de la zone de transition et des zones résidentielles plus vieilles aux pelouses et aux centres commerciaux des banlieues. Le même phénomène s'observe à Montréal, mais le changement n'est pas aussi marqué.

Des immeubles locatifs à appartements et des condominiums se construisent dans le cœur même de la ville ainsi que dans les zones résidentielles denses à proximité, comme l'ouest de Vancouver. Certains centres-villes connaissent une renaissance : des quartiers résidentiels, autrefois de classe modeste ou même défavorisés, sont revalorisés par la classe moyenne et de nouveaux quartiers apparaissent dans d'anciennes zones commerciales et industrielles (St. Lawrence à Toronto et False Creek à Vancouver, par exemple).

Une réhabilitation analogue s'opère également dans les ports et même les gares ferroviaires, notamment à Toronto, à Montréal, à Halifax, à Vancouver et à Winnipeg. Ces conversions sont pour les villes l'occasion de ramener les résidants dans le centre, parfois avec une politique d'habitation prévoyant une aide financière et des logements à coût modique. D'autres villes convertissent ces zones en espaces verts, comme dans le cas du canal Lachine à Montréal et du quartier Forks à Winnipeg. Toutefois, un obstacle imprévu s'est présenté : ces sites sont en effet souvent si contaminés par les résidus et les déchets des usagers précédents, comme le plomb, les dérivés du pétrole ou les BPC, qu'ils poseraient des dangers pour la santé des résidants. Certains sont même considérés dangereux pour des usages commerciaux, récréatifs ou autres, qui ne supposeraient pas une occupation des lieux à plein temps. On peut enlever le sol contaminé, mais il faut alors trouver un moyen satisfaisant de l'éliminer.

Prises globalement, ces activités mettent un frein au dépeuplement des quartiers intérieurs des villes. Cela dit, les chiffres sur la construction de nouvelles maisons unifamiliales témoignent de l'attrait que continue d'exercer la banlieue de faible densité dans les villes du Canada, exception faite du Québec (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1990).

Les tendances contradictoires dans les transports

En construisant des voies rapides dans les années 1950 et 1960, Toronto et Montréal ont encouragé l'étalement urbain et, par voie de conséquence, l'usage de la voiture. Toutefois, parallèlement à l'aménagement de ces voies rapides, les deux villes se sont dotées de métros, dont l'aire de desserte a été considérablement étendue depuis. D'autres villes comme Ottawa, Edmonton, Calgary et Vancouver ont retenu différentes solutions techniques : le réseau de voies réservées aux autobus d'Ottawa en est un exemple. De nos jours, les transports en commun, quelle que soit leur forme, semblent être privilégiés par les villes et l'ère de la construction de voies rapides urbaines serait sur son déclin au Canada, bien qu'il s'exerce encore des pressions en vue d'étendre le réseau. En plus d'être davantage rentables et moins perturbateurs, les transports en commun sont moins nuisibles pour l'environnement. Il ne s'ensuit pas pour autant que les édiles municipaux élaboreront des politiques favorisant l'utilisation des transports en commun. Le gouvernement du Québec, par exemple, cherche à se décharger du dossier du transport urbain et à en laisser le fardeau financier aux municipalités, qui ne disposent pas des ressources fiscales nécessaires. Dans un avenir prévisible, la voiture restera le mode de transport privilégié des navetteurs, en partie en raison de la configuration de l'espace urbain. Il semble que l'on doive s'attendre en général à une congestion de plus en plus grande de la circulation urbaine, avec tout ce que cela suppose comme pollution de l'air et comme consommation de carburant (voir l'encadré 13.1).

ENCADRÉ 13.1

Les déplacements urbains

La voiture produit beaucoup de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. En plus d'avoir d'autres effets néfastes sur l'environnement, elle est une grande consommatrice d'énergie. D'après une étude, la dépense totale d'énergie occasionnée par la voiture pourrait représenter jusqu'à 50 % de la consommation totale d'énergie des pays industrialisés (Gagnon, 1989).

Étant donné l'ampleur de l'agression écologique attribuable à ce mode de transport, les mesures visant à diminuer son impact peuvent avoir des effets très significatifs. De fait, la baisse générale des concentrations ambiantes de dioxyde d'azote et de monoxyde de carbone depuis 15 ans peut être attribuée à l'amélioration du rendement des carburants et aux dispositifs antipollution des véhicules à moteur. Cependant, cette baisse a ralenti ces dernières années; en fait, les concentrations de dioxyde d'azote ont même augmenté, probablement par suite d'une utilisation plus généralisée de la voiture particulière au Canada (figure 13.E1), même si, parallèlement, le nombre d'usagers des transports en commun a légèrement augmenté.

L'amélioration du rendement énergétique de l'automobile peut donc être annulée par un usage plus intensif de ce moyen de transport. La recherche et le développement pourraient aboutir à la découverte de nouveaux carburants et de nouvelles techniques susceptibles d'accroître les rendements. Cependant, il n'y aura de progrès que si la dépendance accrue à l'égard de la voiture comme moyen de transport est inversée ou, du moins, stabilisée. Il importe donc d'encourager d'autres modes de transport dont on sait qu'ils ont un moindre impact sur l'environnement.

Les transports en commun, la marche et d'autres modes moins utilisés, comme la bicyclette, la motocyclette et le taxi, sont les principales solutions de rechange pour les déplacements urbains. On peut comparer les effets écologiques relatifs de chacun en les exprimant en fonction du nombre de passagers par kilomètre. Ainsi, durant les heures de pointe, un autobus produit environ le huitième de l'oxyde d'azote, la moitié du monoxyde de carbone et le sixième des composés organiques volatils produits par une voiture (Association canadienne du transport urbain, 1986). Naturellement, la marche et la bicyclette ne sont pratiquement pas polluantes. La consommation d'énergie (et la production correspondante de dioxyde de carbone) des transports en commun est également beaucoup plus faible que celle de la voiture particulière (figure 13.E2).

Les Canadiens dépendent énormément de l'automobile. En 1980, sur 9,2 millions de navetteurs, 6,8 millions se déplaçaient à bord de 5,7 millions de voitures particulières (Statistique Canada, 1982). Pour ce qui est de l'utilisation de la voiture et de l'usage des autres modes de transport, la tendance actuelle (par navetteur) évolue peu (figure 13.E3). Par ailleurs, le prix de l'essence ne semble pas vraiment avoir d'influence. Par exemple, de 1983 à 1984, le nombre de navetteurs utilisant la voiture pour se rendre au travail s'est accru de 4 %, en dépit d'une augmentation du prix de l'essence de 7,4 % (Statistique Canada, 1984).

Si la voiture continue de dominer, c'est en partie en raison de la faible densité démographique généralisée des banlieues. Les avantages écologiques des transports en commun, de même que leur commodité, y sont moindres, surtout si le service, de par sa fréquence, est à peu près aussi pratique que la voiture. Il se peut que le covoiturage ou le transport en minibus soient les modes de transport les plus efficaces dans ces secteurs (Reid, 1986).

Il ressort d'une étude australienne portant sur différentes villes du monde que l'on favorise davantage les transports en commun dans les agglomérations de densité plus élevée (plus de 40 habitants par hectare) (Newman et collab., 1988). De fait, dans les grandes villes canadiennes (où les zones de densité élevée sont plus étendues), les transports en commun sont plus développés et l'utilisation par habitant est relativement élevée par comparaison aux plus petits centres (figure 13.E4). En 1980, les centres urbains dont les résidants utilisaient le plus les transports en commun étaient Toronto (31 %), Ottawa–Hull (29 %), Montréal (27 %) et Winnipeg (25 %).

Le choix d'autres modes de transport que la voiture semble dépendre de l'existence d'équipements adéquats et de la configuration des agglomérations. Dans un tel contexte, la stratégie générale pourrait consister à guider la croissance et le développement urbains de façon à favoriser l'augmentation de la densité démographique. Plus précisément, on pourrait améliorer les réseaux de transport en commun dans les zones de densité élevée et créer ou améliorer les aménagements pour la marche et le cyclisme afin de rendre ces modes de déplacement plus attrayants.

L'adoption d'une méthode rationnelle visant l'intégration des transports en commun en fonction du type d'aménagement permettrait aussi d'optimiser les avantages environnementaux. Par exemple, la restriction de l'accès des zones de forte densité aux voitures et la mise en place de systèmes efficaces de correspondance avec le réseau de transport en commun (parcs de stationnement de dissuasion) encourageraient l'utilisation des transports en commun dans les zones du centre. D'après les résultats d'un récent sondage, la majorité des Canadiens seraient en faveur d'une restriction au moins partielle de la circulation automobile dans le centre-ville (Thompson, Lightstone & Co., 1990).

Ces stratégies et d'autres mesures permettraient de créer une structure d'accès à la ville conçue dans un souci d'efficacité et de protection de l'environnement au lieu d'assurer l'implantation d'une infrastructure axée sur la voiture. Il serait alors facile de choisir entre la voiture coincée dans un embouteillage et l'autobus express roulant sur une voie réservée.

Les impacts de la structure urbaine sur l'environnement

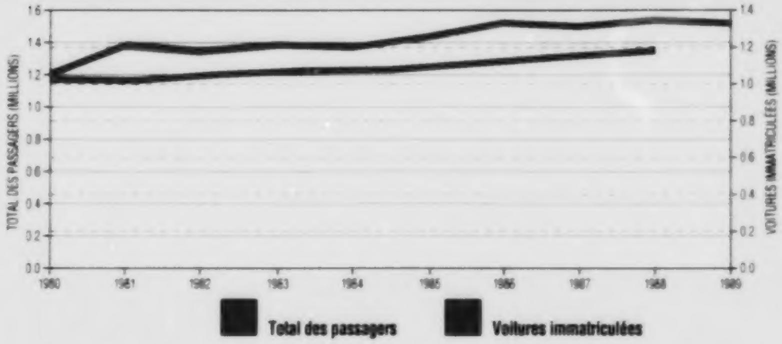
Les changements dans la structure urbaine obéissent à une dynamique complexe qui rend extrêmement difficile l'évaluation des impacts environnementaux des villes d'aujourd'hui. En l'absence d'études systématiques ou même de données de base récentes dans la plupart des cas, on en est pour l'essentiel réduit aux suppositions et aux conjectures. Les observations suivantes s'inscrivent dans cette optique.

- L'acceptation de plus en plus grande d'habitations à densité relativement élevée — depuis les appartements jusqu'aux vieilles maisons du centre-ville converties en logements multiples — est, dans l'ensemble, bénéfique pour l'environnement puisqu'il faut moins de terrain, que les économies de combustible sont plus grandes et que les transports en commun sont utilisés davantage. Cependant, les incompatibilités d'utilisation des terrains restent possibles et les avantages sont probablement limités, compte tenu de la demande encore prédominante d'habitations unifamiliales. Un grand nombre de ces maisons individuelles très espacées sont même reconstruites ou remplacées par des habitations unifamiliales passablement plus grandes.

- L'expansion du centre d'affaires de la grande ville par le réaménagement des quartiers environnants signifie souvent que de vieux édifices d'intérêt historique ou architectural cèdent la place à des bâtiments commerciaux massifs, sans caractère. Souvent, la rue prend alors un aspect dénué de tout charme, et les nuisances visuelles et acoustiques et la pollution de l'air peuvent empirer. Dans les nouveaux immeubles, le cadre de travail est souvent fermé, impersonnel et aéré de façon mécanique. Il faudra dorénavant accorder une attention beaucoup plus grande aux effets physiques et psychologiques de ce type de milieu artificiel (voir l'encadré 13.2).

FIGURE 13.E1

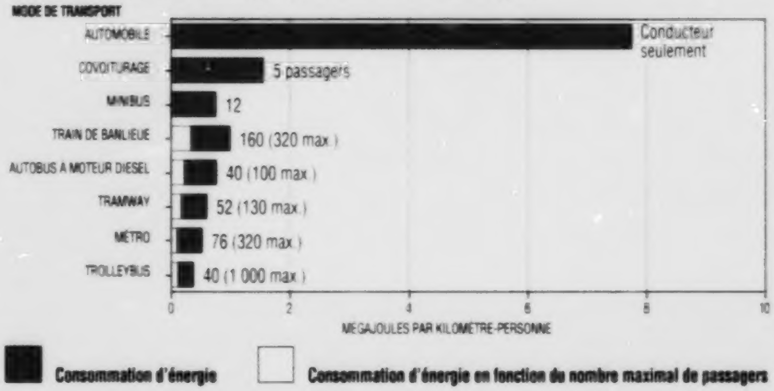
Voitures immatriculées et utilisation des transports en commun



Source : Association canadienne du transport urbain, 1990. Statistique Canada.

FIGURE 13.E2

Consommation d'énergie par mode de transport

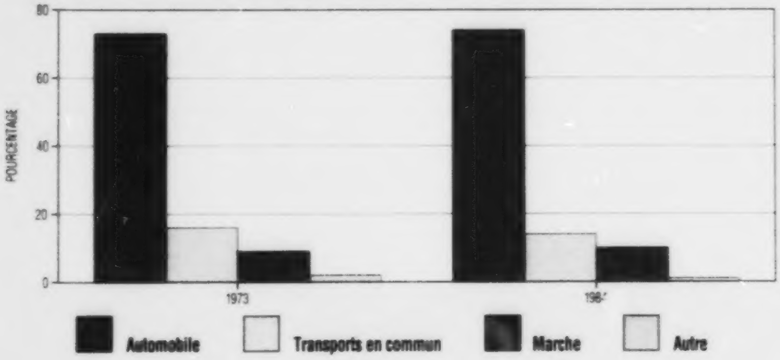


Source : Ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, 1983.

- Généralement, les villes ont réservé de grands secteurs à un usage donné et souvent à un seul type de bâtiment, par exemple, les zones résidentielles réservées exclusivement aux maisons individuelles. De même, les grands immeubles ou groupes d'immeubles ont été limités aux bureaux ou aux appartements, avec parfois des boutiques au rez-de-chaussée. Du point de vue environnemental, cette pratique était justifiée puisqu'elle permettait de confiner dans des zones circonscrites les industries polluantes ou qui faisaient autrement problème. Toutefois, à mesure que les villes ont pris de l'expansion, des secteurs réservés à des usages différents se sont trouvés très éloignés les uns des autres du fait de ce type de zonage, de sorte que les distances de déplacement ont augmenté. Aujourd'hui, cette pratique cède le pas au principe de l'usage mixte, qui favorise l'utilisation des sites aussi bien de jour qu'en soirée et réduit les besoins de déplacement. Un complexe à usage mixte peut comprendre des bureaux, des magasins, des appartements ainsi que des installations récréatives et des lieux de divertissement. Généralement, il est situé dans une zone très accessible, ou bien il tient lieu de nouveau « centre-ville ».

FIGURE 13.E3

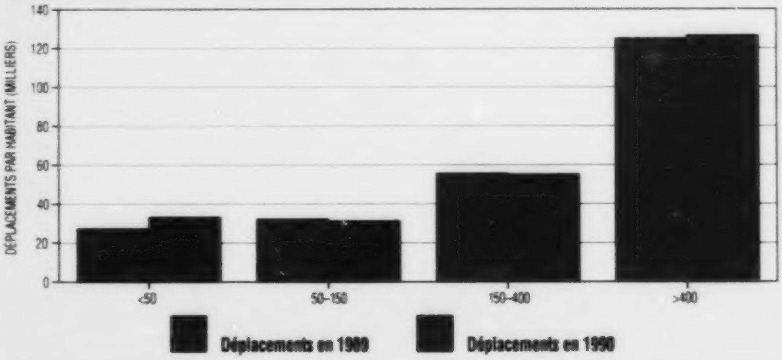
Principaux modes de transport urbain au Canada



Source : Statistique Canada.

FIGURE 13.E4

Utilisation des transports urbains par habitant selon la taille de la collectivité



Source : Association canadienne du transport urbain.

- Avec l'avènement de la « ville informatisée », les affaires, et même certaines des activités domestiques comme le magasinage, peuvent se faire de plus en plus à distance grâce à la technologie de l'information. Les déplacements devraient être moins fréquents et, à long terme, certaines des contraintes auxquelles sont confrontés les urbanistes devraient disparaître, permettant à la ville d'adopter une configuration mieux adaptée à l'environnement. La question est toutefois complexe, car la dynamique de la ville informatisée est loin d'être connue. En pratique, les effets de l'informatisation pourraient se révéler beaucoup moins spectaculaires que ne le laisse penser le potentiel technique, surtout si les urbanistes ne mettent pas vraiment à profit les techniques de pointe contemporaine.

La maison unifamiliale, un luxe du point de vue écologique

L'étalement des villes canadiennes tient pour une bonne part du désir des Canadiens de posséder une habitation unifamiliale avec une parcelle de terrain. (Le Québec fait exception ici, mais en partie seulement.) Cette conviction profonde, qui a probablement son origine dans l'archétype historique de la cabane en bois rond des premiers colons bâtie au milieu de la terre qu'ils avaient défrichée, est renforcée par les valeurs sociales et psychologiques attachées à la notion de vie privée, d'identité et d'espace extérieur. La possession d'une maison est aussi habituellement vue comme un gage de sécurité financière, conception que les politiques gouvernementales ont encouragée durant quatre décennies au moins.

En 1990, malgré l'augmentation des taux hypothécaires et le fait que près de la moitié des ménages ne comptaient qu'une ou deux personnes, les maisons unifamiliales individuelles représentaient toujours 53,4 % des logements en construction (figure 13.12). Même dans les 25 plus grandes régions urbaines, 43 % des logements étaient unifamiliaux; à Edmonton et à Calgary, cette proportion atteignait 86,7 % et 87,2 % respectivement. Ce n'est que dans les villes du Québec que les autres types d'habitation surclassaient systématiquement les maisons unifamiliales individuelles (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 1990).

Les citadins qui préfèrent les maisons unifamiliales individuelles des banlieues de faible densité dépendent, par voie de conséquence, de la voiture. En 1987, on comptait au moins une voiture dans 77 % des foyers et, d'après une enquête de 1983, les déplacements vers le lieu de travail s'effectuaient en voiture dans 73 % des cas (Rostum, 1987). La figure 13.13 montre que la majorité des navetteurs habitent à plus de 3,2 km de leur lieu de travail. Pourtant l'utilisation de la voiture n'est pas uniquement conditionnée par la distance à parcourir. En 1980, la proportion des personnes qui habitaient à moins de 1,6 km de leur lieu de travail et qui se servaient d'une voiture s'élevait à 39 % (Statistique Canada, 1982). Le ménage considère habituellement qu'une deuxième voiture est tout aussi nécessaire, soit pour la deuxième personne qui travaille, soit

ENCADRÉ 13.2

L'environnement des locaux

Le milieu urbain évoque généralement des zones bâties, des espaces verts, des cours d'eau et l'atmosphère qui nous entoure à l'extérieur. Toutefois, les murs, les meubles, l'air, les microbes, les toxines et ainsi de suite, présents dans les locaux en sont également des composantes. En fait, l'être humain a fait du bâtiment son habitat principal. Par exemple, les Canadiens passent en moyenne jusqu'à 70 % de leur temps à l'intérieur et, dans certains cas, la proportion peut être beaucoup plus élevée (Santé et Bien-être social Canada, 1989).

Il y a lieu de se préoccuper de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, que l'on a tendance à construire plus hermétiques pour accroître l'efficacité du chauffage et de la climatisation. L'ironie, c'est que cette stratégie de gestion se veut une réponse aux problèmes environnementaux créés par une forte consommation d'énergie, la pollution atmosphérique et le réchauffement de la planète. Les répercussions sur le milieu intérieur sont toutefois négatives; le renouvellement de l'air dans les bâtiments étant très réduit, les contaminants y restent plus longtemps et s'accumulent au lieu d'être dilués et rapidement évacués à l'extérieur.

Parmi les sources de contamination de l'air des locaux figure un éventail de plus en plus complexe de substances chimiques synthétiques qui entrent dans la composition des matériaux de construction, des meubles et des produits de consommation. Il se dégage de ces sources des composés organochlorés volatils et d'autres vapeurs toxiques. Des contaminants d'un autre type proviennent des bactéries et des champignons microscopiques présents dans les locaux ainsi que d'autres sources naturelles d'allergènes comme les animaux familiers et les acariens des poussières (Day, 1990). La fumée de tabac est aussi une source de pollution.

Bien qu'il soit difficile de lier les problèmes de santé à des contaminants donnés de l'air des locaux, il est clair que l'air insalubre a des effets néfastes sur la santé. On a associé à la qualité du milieu de certains bâtiments des symptômes tels la fatigue, la léthargie, les maux de tête et la nausée, ou encore le « syndrome des immeubles hermétiques » (Burge, 1990). Comme les gens sont exposés aux polluants des locaux toute une vie durant, les effets sont cumulatifs et très difficiles à déceler. Le problème est aussi très subtil; au moins 22 types de polluants des locaux sont produits à l'extérieur comme à l'intérieur (Spengler et Sexton, 1983). Comme il est indiqué à la figure 13.E5, la concentration d'un grand nombre de ces substances est souvent plus élevée à l'intérieur des locaux qu'à l'extérieur (Spengler et Sexton, 1983; Nero, 1988). Il faudra peut-être approfondir davantage la question pour être en mesure de définir des relations précises de cause à effet, mais on peut présumer que des coûts considérables, sur le plan tant humain qu'économique (soins de santé), sont rattachés à la qualité de l'air des locaux.

La gestion de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux est réalisable de deux façons : on peut 1) réduire les sources de pollution et 2) améliorer l'efficacité des systèmes de ventilation (sans compromettre les objectifs d'économie d'énergie). Par exemple, dans les plans de construction, on peut prévoir l'emploi de matériaux stables et l'installation de dispositifs de ventilation passive contrôlés par l'usager. En fait, on pourrait tenter d'intégrer des objectifs de protection de l'environnement et de la santé et des principes d'économie d'énergie dans les plans touchant la construction et la rénovation des immeubles. Un groupe d'étude de l'Institut royal d'architecture du Canada se penchera sur la question en examinant les divers éléments des bâtiments « sains » (Anonyme, 1991).

pour transporter les enfants à l'école et à des centres récréatifs ou encore pour se rendre au supermarché.

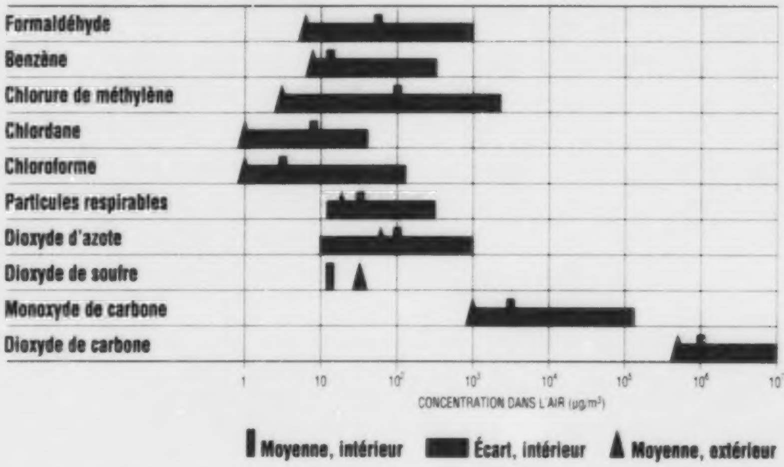
La dépendance accrue à l'égard de la voiture, qui consomme des combustibles fossiles et qui produit du dioxyde de carbone, s'explique notamment par le fait qu'il n'est en général pas rentable de fournir un service de transport en commun fréquent et commode dans les banlieues. Pour être économique, le transport en commun doit desservir des secteurs à forte densité démographique. Or, même dans les nouvelles banlieues relativement denses, il n'y a qu'environ 30 habitants par hectare. En fait, dans le Toronto métropolitain, malgré l'efficacité des transports en commun, 64 % des travailleurs se rendent au travail en voiture (Ville de Toronto, 1991) et le volume de la circulation routière augmente de 6 % par année (Ministère des Transports et des Communications de l'Ontario, sans date).

Les impacts environnementaux de la vie en banlieue ne sont pas liés à la seule dépendance à l'égard de la voiture. Il faut plus d'énergie pour chauffer une maison individuelle, même bien isolée, que les habitations de type plus compact. En outre, du fait de la faible densité démographique de la banlieue, certains services comme le déneigement nécessitent une consommation d'énergie élevée. L'été, les climatiseurs et les tondeuses mécaniques ajoutent à la consommation, et la demande d'eau augmente en raison de l'arrosage des pelouses. De plus, l'étalement exige d'ajouter continuellement de nouvelles routes, de nouvelles conduites d'adduction d'eau et de nouveaux égouts, tandis que dans les zones plus anciennes, un usage plus intensif des terrains fait appel aux services existants.

Bref, la subdivision de maisons unifamiliales où loge actuellement une grande proportion des Canadiens est un fardeau considérable, tant pour le milieu naturel que pour les ressources du Canada. En revanche, ces problèmes sont concentrés et peuvent donc être plus facilement abordés. Grâce à la

FIGURE 13.E5

Concentration de certains polluants atmosphériques à l'intérieur et à l'extérieur des locaux



Source : Nero, 1988.

sensibilisation et la volonté du public à résoudre ces problèmes, les communautés prennent maintenant des décisions qui pourraient mener à des solutions.

La demande d'espace : l'étalement urbain

L'urbanisation du territoire

Dans les villes du Canada, la croissance de la population et l'augmentation du nombre de ménages, surtout parmi les occupants des maisons individuelles, se traduisent par une demande continue d'espace pour de nouveaux logements et services communautaires. Parallèlement, la croissance économique engendre une demande de terrains industriels et commerciaux, avec les routes et les diverses infrastructures de service nécessaires. La demande d'espace touche surtout les grandes régions urbaines à croissance rapide. Par exemple, dans le corridor Québec–Windsor, où réside actuellement plus de la moitié de la population du pays, les pressions et la concurrence qu'exerce la croissance démographique, déjà élevée, continuent de s'intensifier. À plus petite échelle, on observe le même phénomène dans la partie sud de la Colombie-Britannique.

En 1986, les deux tiers de la population canadienne habitaient dans les 70 plus grandes villes (plus de 25 000 habitants) du pays. Au cours des 20 années précédentes, ces villes s'étaient approprié les terres environnantes sur une superficie de plus de 3 000 km². Leur taux d'urbanisation a fluctué avec le temps, généralement en fonction des conditions économiques, mais il s'est tout particulièrement accéléré de 1966 à 1971. Durant la dernière période étudiée, soit de 1981 à 1986, ce sont 552 km² de terres rurales qui ont été urbanisées. Les deux tiers de la superficie convertie se trouvent aux environs de neuf régions urbaines de plus de 500 000 habitants. Toutefois, ces grandes villes ont en fait occupé les « nouvelles » terres d'une manière beaucoup plus économique que les petites villes, la moyenne y étant de 1 000 habitants par 53 ha en comparaison de 242 ha dans les centres urbains de 25 000 à 50 000 habitants (figure 13.14). Si l'utilisation des terrains dans les grands centres est plus intensive, c'est probablement parce qu'ils coûtent plus cher, que les citadins recourent aux transports en commun et que les gens veulent éviter les longs trajets pour se rendre au travail. Il se peut aussi que les règles de l'urbanisme soient plus rigoureusement observées dans les grandes villes.

La frange rurbaine

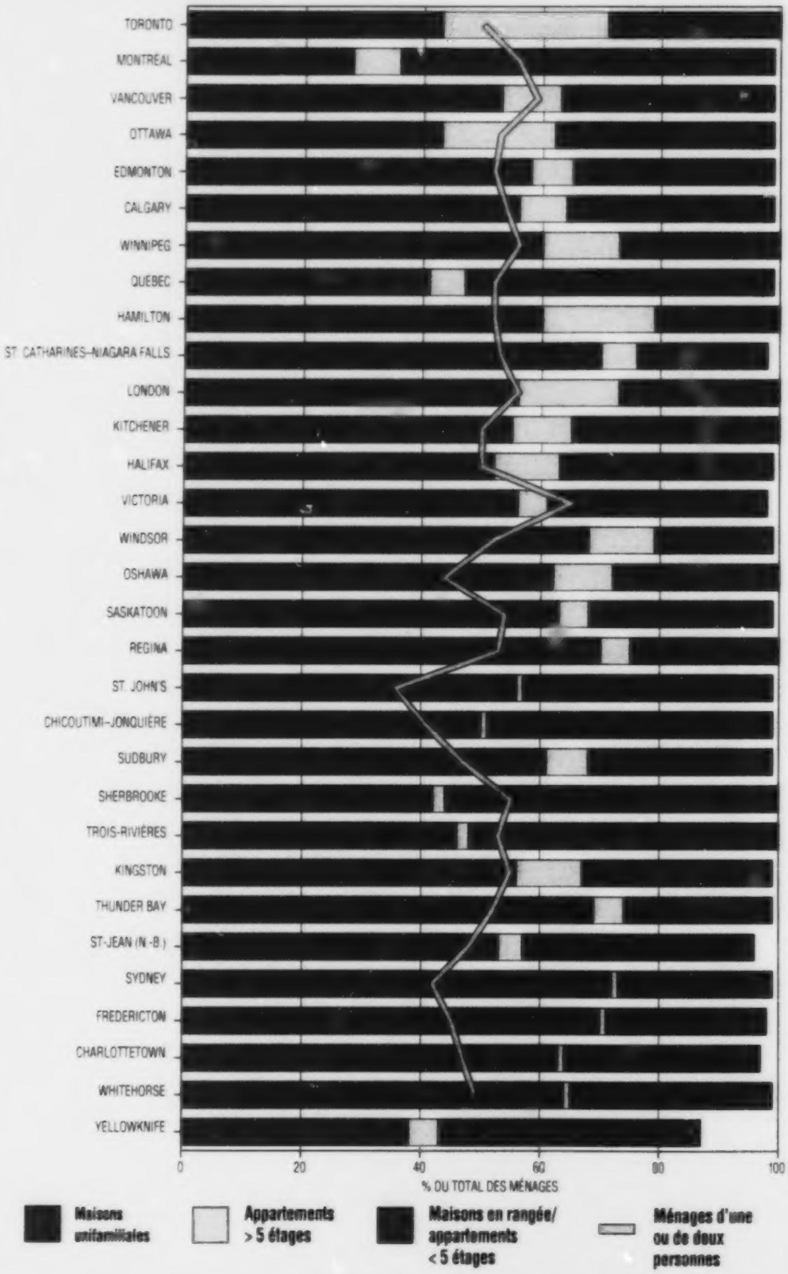
Dans toutes les régions urbaines, grandes ou petites, le pôle central traditionnel a été remplacé par une structure dispersée. L'extension urbaine a entraîné l'apparition d'une zone étendue qui n'est ni urbaine, ni franchement rurale : la « frange rurbaine ». Celle-ci englobe certaines activités et utilisations des terres qui sont en fait des éléments urbains secondaires. Pour ces usages, il faut de grands terrains peu coûteux et relativement isolés, qui présentent les avantages de la campagne (centres d'activités récréatives, « domaines » résidentiels, établissements industriels ou commerciaux, décharges et carrières de gravier, par exemple).

Cette tendance à la déconcentration se reflète dans l'accroissement continu de la population « rurale non agricole » (parallèlement à une baisse régulière de la population agricole). En 1986, la population rurale non agricole était de 5,1 millions, soit 20 % de la population canadienne. Une bonne partie de ces personnes ont une occupation et un mode de vie essentiellement liés à la ville; certaines font de longs trajets pour se rendre à leur travail en ville (Statistique Canada, 1986).

Si ce type d'occupation peut exercer des pressions sur les terres à vocation axée sur les ressources naturelles et favoriser des modes de transport moins efficaces, il reste qu'une certaine proportion de cette population semi-urbaine travaille activement à la sauve-

FIGURE 13.12

Prédominance de la maison unifamiliale : proportion (%) des types de logements et des ménages d'une ou de deux personnes, 1986



Remarque : La différence entre le pourcentage total des types de logements et 100 % représente les autres types de logements comme les maisons mobiles, les foyers, etc.

Source : Statistique Canada, dates diverses.

garde de l'environnement. En effet, les boisés privés bien entretenus, les réserves fauniques privées et les fermes biologiques privées, pour ne citer que quelques exemples, peuvent être des atouts écologiques. L'utilisation des terres et les pressions sur l'environnement deviennent excessives lorsque les nouveaux résidants transplantent des comportements anti-écologiques dans un milieu jusque-là rural.

La frange rurbaine s'étend bien au-delà des limites de la région véritablement urbanisée. Par exemple, d'après le relevé effectué en 1981 dans le corridor Québec–Windsor, 34 000 km^2 étaient considérés comme semi-urbains, c'est-à-dire que la densité démographique y était de 25 à 60 habitants par kilomètre carré (Yeates, 1985). Cette superficie est de beaucoup supérieure à celle qu'occupent les centres urbains proprement dits, soit 27 000 km^2. (La superficie des terres rurales était de 115 000 km^2.)

En Alberta, des commissions régionales d'urbanisme veillent depuis longtemps à prévenir l'expansion sauvage des villes, tandis qu'en Colombie-Britannique et au Québec, la conversion des terres rurales à des fins non agricoles est réglementée (*British Columbia Land Commission Act*, 1973; *Loi sur la protection du territoire agricole*, 1978, Québec). Toutefois, la périphérie s'est quand même développée en secteurs dispersés de faible densité, car la plupart des gouvernements provinciaux et des municipalités n'étaient pas disposés à y réglementer de façon stricte l'utilisation des terres. Dans les plans et les règlements de zonage municipaux, les désignations « rural » et « agricole », pour peu qu'elles existent, sont plutôt temporaires et facilement modifiables.

La perte de terres agricoles

La réticence que mettent les gouvernements à réglementer le développement en zone périphérique a des répercussions négatives sur les ressources et sur l'environnement. Celle dont on a probablement le plus parlé et qui inquiète certainement le plus la population est la perte de terres agricoles de qualité.

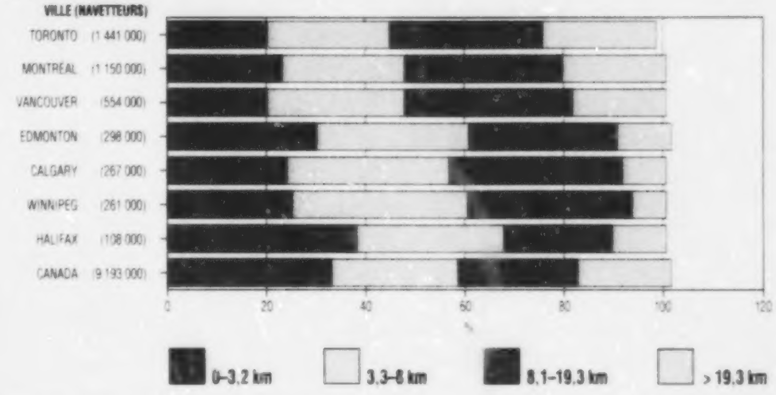
Le territoire canadien est vaste, mais seulement 5 % environ de la superficie du pays se prête à la polyculture (Inventaire des terres du Canada, 1976). Les débuts de presque toutes les grandes villes du Canada sont étroitement liés aux terres agricoles; dans certains cas, ces terres étaient leur raison d'être. Or, la topographie, les sols, le drainage et les conditions climatiques qui sont favorables à l'agriculture le sont aussi à la construction de bâtiments. Ainsi, la plupart de ces villes, et plusieurs centaines d'autres, plus petites, ont été fondées et continuent de se développer dans des terres agricoles productives qui représentent un territoire fort restreint (Warren et collab., 1989).

L'Inventaire des terres du Canada permet de situer le dilemme de l'utilisation des terres. Si l'on considère l'ensemble des terres agricoles des trois premières classes de qualité, le quart se trouve dans un rayon de 80 km de l'une ou l'autre des 23 plus grandes villes du Canada. En fait, plus de la moitié des terres agricoles de choix (classe 1 de l'ITC) sont situées dans cette zone périurbaine (Neimanis, 1979). Ainsi, en 20 années d'urbanisation, soit de 1966 à 1986, les villes canadiennes de 25 000 habitants ou plus se sont étendues surtout dans le territoire agricole : sur les 301 440 ha de terres rurales urbanisées, 58 % avaient un potentiel agricole élevé. Dans les provinces de l'Ontario, du Manitoba et de l'Île-du-Prince-Édouard, la proportion dépasse de beaucoup 75 %.

Une fois qu'une terre agricole a été bâtie ou aménagée à des fins urbaines, il est généralement impossible de lui redonner une vocation agricole en raison de l'enlèvement ou du compactage de la couche arable, de la modification du drainage naturel et d'autres changements physiques, sans compter le coût de la remise en état. Les agriculteurs ne peuvent tout simplement s'installer dans des terres plus éloignées de la ville, car les sols et les conditions climatiques y sont moins favorables et les coûts de transport, plus élevés (Warren et collab., 1989).

FIGURE 13.13

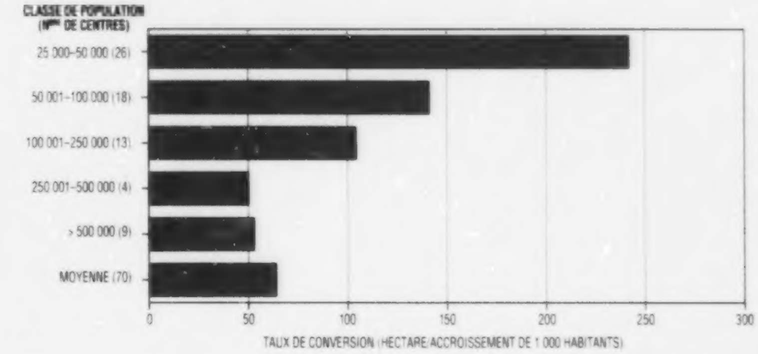
Distances parcourues : répartition des navetteurs en fonction de l'éloignement du lieu de travail dans des centres urbains choisis, 1980



Remarque : Les données sont tirées d'un recensement effectué par Statistique Canada entre 1976 et 1980.
Source : Statistique Canada, 1982.

FIGURE 13.14

Urbanisation : conversion des terres selon la taille de la population des centres urbains, 1981–1986



Source : Warren et collab., 1989.

L'urbanisation de terres agricoles de choix soulève certainement des inquiétudes, mais elle ne touche encore qu'une petite portion du territoire agricole (moins de 1 % de 1966 à 1986). Cependant, l'étalement des banlieues métropolitaines n'est que la pointe de l'iceberg. L'urbanisation exerce aussi un effet indirect, que l'on appelle parfois « l'ombre urbaine » (Gertler et collab., 1977). Les terres qui se trouvent dans cette zone d'ombre sont plus souvent considérées comme des sites urbains potentiels que comme une ressource agricole. Leur valeur marchande peut être gonflée par suite des interventions de promoteurs immobiliers ou de spéculateurs qui n'habitent pas dans la région. Les incompatibilités d'utilisation sont plus répandues et les taxes, plus élevées. Ensemble, ces facteurs compromettent la viabilité de

l'agriculture. Bien avant que les bulldozers n'arrivent, les agriculteurs se trouvent dans une position peu propice à la planification à long terme et à l'investissement de capitaux. L'effet d'ombre favorise l'exploitation abusive du sol, puisqu'il est peu probable que la productivité à long terme présente de l'intérêt (Martin, 1975; Gierman, 1977). Il ne s'est guère fait de recherche systématique sur l'étendue géographique de l'ombre urbaine, mais il est certain qu'elle atteint au moins la frange rurbaine et, sous certains aspects, qu'elle se fait sentir bien au-delà. L'influence qu'elle a sur l'agriculture est donc beaucoup plus étendue que le phénomène même de l'urbanisation des terres agricoles (McCuaig et Manning, 1982).

La disparition des milieux humides

Les effets de l'urbanisation sur les ressources naturelles du Canada sont loin d'être limités aux seules terres agricoles. Par exemple, au voisinage des grandes villes, la superficie occupée par les milieux humides a été considérablement réduite; l'assèchement pour la mise en culture de même que l'extension urbaine en sont partiellement la cause (Environnement Canada, 1988). Depuis 1950, il est courant de draguer, d'assécher ou de remblayer les milieux humides pour agrandir ou construire des ports, des usines, des aéroports, pour éliminer les déchets ou à des fins d'urbanisation en général. En 1981, les proportions de milieux humides convertis à diverses fins étaient les suivantes : jusqu'à 98 % dans les régions de Regina, Winnipeg et Windsor, jusqu'à 88 % dans les environs de Toronto et Montréal et près de 78 % dans les régions de Vancouver, Calgary et St. Catharines–Niagara Falls. Pourtant, les rares milieux humides situés à proximité d'une ville sont précieux, tant pour leur intérêt éducatif et récréatif que pour leur rôle d'habitat naturel et de réserve d'eau souterraine. En outre, de par leur excellent pouvoir épurateur, ils contribuent à l'amélioration de la qualité des eaux de surface.

VERS LA VILLE ÉCOLOGIQUE

Étant donné l'état actuel de l'environnement urbain, les questions majeures qui se poseront dans les grandes villes canadiennes à court et à long terme peuvent se regrouper comme suit :

1. Le secteur des transports est un facteur de grande importance au point de vue de la consommation d'énergie, de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre en milieu urbain; l'aménagement de réseaux de transport en commun plus efficaces pourrait se traduire par des progrès substantiels à tous ces égards.

2. Les déchets solides sont actuellement l'un des dossiers prioritaires des villes, vu qu'il y a de moins en moins de sites pouvant servir de décharge et que la masse des déchets continue d'augmenter.

3. La question de l'eau en milieu urbain, y compris le traitement des eaux usées, les effluents industriels, l'écoulement d'averse, la qualité de l'eau et la consommation d'eau, est étroitement liée à la santé publique et à la qualité de la vie urbaine.

4. La consommation d'énergie est surtout liée aux transports; toutefois, il existe de nombreux moyens de la réduire dans le secteur du bâtiment.

5. Les espaces verts et la conservation des habitats naturels influent sur la qualité de l'environnement urbain de par leur beauté, leurs fonctions écologiques naturelles (p. ex., le pouvoir épurateur des milieux humides pour les eaux urbaines) et leur rôle dans la conservation d'importantes ressources naturelles (agricoles, forestières, fauniques et floristiques, p. ex.).

6. La qualité de l'environnement des locaux est une question plus récente qui pourrait prendre de l'importance au fur et à mesure que l'on comprend mieux ses répercussions.

Dans ces dossiers, les gestionnaires disposent de diverses options, dont les suivantes : la modification des comportements individuels en vue d'économiser l'énergie et les matériaux; la tarification et d'autres mesures incitatives destinées à encourager les comportements voulus; l'instauration de nouveaux programmes urbains tels que le recyclage des déchets solides ou l'expansion du transport en commun; l'application de nouvelles techniques et l'aménagement de nouveaux types d'installations, comme les autobus électriques ou les usines de traitement tertiaire des eaux usées urbaines pour régler directement certains problèmes; enfin, la mise en œuvre de politiques appropriées et la planification judicieuse de l'utilisation des terres pour réserver des espaces verts, conserver des zones de ressources naturelles importantes et faciliter la réalisation d'autres objectifs d'intérêt écologique comme l'amélioration des transports en commun et les économies d'énergie (voir l'encadré 13.3).

Il est peu probable que les problèmes environnementaux urbains soient résolus du jour au lendemain, compte tenu de l'énorme capital immobilisé, tant en argent qu'en énergie et en ressources, dans les structures et infrastructures urbaines actuelles. La configuration de la ville moderne procède d'une grande inertie, héritage d'une histoire déterminée largement par des facteurs économiques et démographiques. Néanmoins, il serait utile pour les décideurs de bien comprendre ce processus historique ainsi que les grands aspects environnementaux à considérer afin qu'ils puissent déterminer dans quels cas il serait le plus opportun de faire des changements, d'orienter la planification et de prendre des mesures coûteuses de réaménagement; les initiatives les plus profitables d'un point de vue écologique s'inscrivent dans le cours des tendances sociales, qui influent considérablement sur la configuration de la ville.

Le processus historique de l'urbanisation se poursuit dans deux directions. Premièrement, une proportion toujours

ENCADRÉ 13.3

L'état de l'environnement du point de vue urbain

On peut se demander comment la ville voit les dimensions nationales et mondiales des enjeux environnementaux. On pourrait supposer qu'elle est égocentrique, qu'elle se préoccupe surtout des dossiers prioritaires de son milieu, par exemple, la qualité de l'eau potable, la fermeture des plages et le smog. Or, de plus en plus de citadins reconnaissent que la qualité de la vie urbaine et la viabilité à long terme de la ville dépendent dans une large mesure de la santé de l'écosystème et de la qualité de l'environnement dans son ensemble. Si l'on ne s'intéresse qu'aux questions locales, le problème ne sera résolu qu'à moitié puisqu'il y aura encore du smog en aval et des effluents en amont.

Le vif intérêt des populations urbaines pour les questions environnementales témoigne de cette prise de conscience (Statistique Canada, 1991). Des groupes de citoyens et des organismes environnementaux non gouvernementaux expriment franchement leurs préoccupations au sujet de la santé des écosystèmes locaux et de la biosphère et les urbanistes et dirigeants municipaux sont à l'écoute. C'est ainsi que l'on peut voir des villes envisager divers moyens d'améliorer les systèmes de transport en commun, non seulement pour remédier à des problèmes immédiats comme le smog et les embarras de circulation, mais aussi pour aider à réduire les émissions de dioxyde de carbone et à ralentir le réchauffement de la planète. L'opinion publique est également plus sensibilisée aux valeurs moins facilement mesurables de l'environnement, comme les fonctions écologiques et l'intérêt esthétique et éducatif des aires naturelles protégées dans la ville.

Sans doute les citadins ont-ils des soucis immédiats. La qualité de l'eau et de l'air, par exemple, leur « tient particulièrement à cœur ». Ces problèmes sont toutefois liés à des modes de production, de consommation et de génération de déchets qui se pratiquent dans la ville même. Les consommateurs urbains commencent à admettre qu'ils ont leur part de responsabilité et que, peut-être, ils peuvent aider à résoudre les problèmes. C'est ce qui explique le succès du « consumérisme vert » et la forte participation aux programmes de recyclage municipaux.

Le nouveau plan officiel provisoire de la ville d'Ottawa traduit cette nouvelle conception globale des problèmes environnementaux (Ville d'Ottawa, 1991). Basé sur le principe du développement durable, il reflète bien le dilemme des administrateurs municipaux : équilibrer, d'une part, les objectifs de développement économique et de prospérité et, d'autre part, la nécessité de prévenir et de mettre fin à la dégradation du milieu et d'améliorer la qualité de l'environnement. La ville d'Ottawa cherche à concilier ces deux buts de sorte que le développement soit respectueux de l'environnement et que la protection de l'environnement permette le développement voulu. Le plan précise les stratégies de gestion environnementale à élaborer en consultation avec des organismes non gouvernementaux et communautaires. Ces stratégies consisteront notamment à préserver des zones naturelles, à économiser l'énergie, à lutter contre la pollution de l'air et de l'eau et à réduire la production de déchets solides. Dans d'autres parties du plan, les considérations écologiques sont prises en compte : par exemple, les lignes directrices que l'on trouve dans la section sur le transport visent à réduire l'utilisation de la voiture pour les déplacements urbains.

Le point de vue de la ville sur l'état de l'environnement est donc à la fois autocentré — lorsqu'il s'agit de valoriser les attraits de la ville pour les investisseurs, par exemple — et ouvert sur le monde — notamment pour ce qui est de la santé de la biosphère dans son ensemble.

Les moyens dont dispose la ville pour traiter les dossiers environnementaux semblent le plus souvent limités à la réglementation de l'utilisation des terres (arrêtés municipaux et zonage) et à son rôle en matière d'urbanisme et de construction d'infrastructures (p. ex., routes, réseaux de transport en commun, adduction d'eau et égouts). Dans certains cas, la ville doit mettre en œuvre des politiques adoptées à des paliers supérieurs, ce qui, selon le cas, peut favoriser une gestion environnementale efficace ou constituer un obstacle. L'éventail des options dépend aussi des ressources disponibles, qui peuvent varier considérablement d'une ville à l'autre. Comme les villes sont davantage conscientes des enjeux écologiques et les problèmes environnementaux, elles devraient, de par le rôle qu'elles jouent à tous les niveaux dans l'élaboration des politiques, être en mesure de contribuer à la création de systèmes nationaux qui appuient les interventions locales.

plus grande de la population canadienne se concentre dans les régions urbaines, elles-mêmes essentiellement regroupées dans une bande relativement étroite qui traverse le pays. Deuxièmement, une proportion croissante de la population urbaine vit dans un petit nombre de grandes régions métropolitaines qui s'étalent suivant des îlots urbains de plus en plus dispersés et dont les effets sur l'utilisation des terres s'étend au-delà des limites urbaines. La différence entre ces deux tendances — c'est-à-dire entre la concentration à l'échelle du pays et la déconcentration ou dispersion à l'échelle régionale et locale — est d'une importance capitale sur le plan écologique.

Le regroupement de personnes et d'activités en région urbaine comporte en soi certains effets néfastes pour l'environnement. De toute évidence, la

ville est très destructrice pour les écosystèmes naturels (la même remarque s'applique par ailleurs à la culture extensive, sur une échelle beaucoup plus grande). L'eau de ruissellement des surfaces dures de la ville et la neige polluée enlevée des rues en hiver peuvent contribuer largement à la pollution des cours d'eau ou des lacs récepteurs.

Toutefois, les écologistes condamnent souvent la ville pour des raisons qui sont en réalité attribuables à la population et aux activités économiques plutôt qu'à la ville elle-même. La pollution atmosphérique, par exemple, est plus manifeste et peut être localement plus dangereuse pour la santé si les sources sont concentrées dans une région urbaine au lieu d'être dispersées sur un grand territoire, mais la dispersion ne diminue en rien le volume total de polluants rejetés dans l'atmosphère (bien que la production de polluants secondaires comme l'ozone de la basse troposphère puisse être réduite). Une installation industrielle dont les rejets polluent l'eau ne sera pas moins polluante en milieu rural qu'en région urbaine, et il est possible que ses rejets soient mieux surveillés et dépollués en ville.

En fait, la concentration en milieu urbain a certains avantages écologiques. Elle encourage le développement de zones d'habitation de moyenne et forte densité et favorise le transport en commun. Elle permet des économies d'échelle dans la gestion des déchets et le traitement des eaux usées. En outre, d'après une enquête récente, les citadins seraient plus ouverts aux questions de protection de l'environnement que les habitants des zones rurales (Statistique Canada, 1991). Tout bien considéré, il est fort possible que la ville constitue une bonne solution écologique. En tout état de cause, le contraire n'est certes pas évident.

Par ailleurs, un urbanisme intelligent et le recours éclairé aux techniques de pointe peuvent être un atout précieux, non seulement pour atténuer les caractéristiques écologiquement indésirables de la ville, mais aussi pour valoriser ses aspects bénéfiques (voir l'encadré 13.4).

ENCADRÉ 13.4

La ville verte de l'avenir

La ville en harmonie avec la nature n'est encore qu'une vision de l'avenir, mais elle n'est pas une utopie : tout ce qu'il faut pour créer cette cité du futur est maintenant à notre portée et la plupart des principes en jeu ont été expérimentés, au Canada ou ailleurs. Imaginons le visage que pourrait avoir la ville véritablement intégrée à l'environnement dans quelques dizaines d'années.

La planification de l'écosystème

Le développement de la ville écologique est fondé sur un plan de croissance et d'évolution à long terme. Les urbanistes comprennent parfaitement l'écosystème régional dans lequel s'intègre la ville et évaluent tous les changements physiques d'importance en tenant compte des processus et rapports écologiques (Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, 1989).

On protège les cours d'eau, les masses d'eau et les milieux humides et, au besoin, on rétablit autant que possible leur état originel. Les vastes étendues de milieux humides servent à la conservation de l'eau et à l'épuration des eaux usées de la ville, en plus d'assurer un excellent habitat pour la flore et la faune.

Les milieux humides, de même que les boisés, ont complètement modifié la nature même du milieu urbain. De grands pans de verdure s'étendent depuis la périphérie jusqu'au cœur de la ville, fournissant aux marcheurs et aux cyclistes des kilomètres de terrains ombragés le long de rivières ou de ruisseaux avec, çà et là, un jardin ou un terrain de jeux. Comme les milieux humides, la forêt présente pour le citadin un intérêt à la fois récréatif et éducatif et remplit des fonctions très utiles; elle est une source d'ombrage et de détente visuelle et contribue au maintien de la qualité de l'air urbain. Les bois naturels sont protégés et, partout dans la région urbaine, les terrains abandonnés sont reboisés, tout comme certains terrains publics et privés, si l'espace le permet. Ce réseau de terres boisées, dont la plupart sont plantées d'espèces indigènes, est géré comme une forêt urbaine et peut même fournir du bois de grande valeur marchande.

Afin que l'équilibre soit maintenu entre le milieu urbain et l'écosystème et que les terres agricoles productives des environs soient préservées, les limites de la ville sont nettement tracées. Elles ne sont que rarement repoussées, dans des circonstances de nécessité absolue. Les bâtiments urbains les plus éloignés du centre de la ville voisinent donc avec des fermes prospères.

Un logement en pleine verdure

Dans le centre-ville, les logements sont compacts mais les tours résidentielles sont relativement peu nombreuses. On trouve surtout des immeubles à deux ou trois étages disposés en rangées ou en groupes, surmontés de capteurs solaires et offrant des logements de différentes tailles et divers modes d'occupation. Malgré la densité des quartiers résidentiels, chaque ménage dispose d'un petit espace dégagé pour son usage personnel, peut-être sur le toit. En raison des grandes étendues de verdure qui sillonnent la ville, la densité démographique n'est, dans l'ensemble, que légèrement supérieure à celle des anciennes banlieues où dominaient les maisons unifamiliales.

Quel que soit le lieu de résidence, il suffit de quelques minutes de marche pour se rendre à un arrêt du réseau de transport en commun, avec abri et parcs protégés pour les bicyclettes. Ces arrêts sont généralement adjacents au centre commercial ou au centre communautaire du quartier. À proximité, les piétons et les cyclistes peuvent emprunter des sentiers ombragés pour aller au centre-ville ou à la campagne. Peu de

ENCADRÉ 13.4 (SUITE)

gens possèdent une voiture, parce que ce moyen de déplacement est beaucoup moins pratique que les transports collectifs urbains, en plus des inconvénients et des frais de remisage ou de stationnement qu'elle occasionne lorsqu'elle n'est pas utilisée.

Presque partout, l'asphalte des rues des vieux quartiers résidentiels a été remplacé par des arbres, des bancs publics et des installations récréatives. Les chaussées restantes sont étroites et irrégulières, de façon à dissuader l'usage de véhicules autres que la bicyclette, les véhicules d'urgence et les véhicules électriques qui servent à la cueillette des ordures. Pour réduire le volume des déchets, les ordures sont triées et entreposées pour réutilisation ultérieure ou recyclage. S'il n'y a vraiment pas d'autres possibilités, les déchets sont envoyés dans une décharge, mais ce service est payant.

Le cadre de travail

Dans le quartier des affaires, au centre-ville, la densité des immeubles commerciaux est encore élevée, comme c'est le cas depuis des décennies. Cette zone fait maintenant l'objet d'une gestion judicieuse suivant un plan d'urbanisme tridimensionnel qui prévoit notamment la séparation verticale des différentes formes de mouvements et d'activités ainsi que l'exclusion quasi complète des véhicules privés. Pour se déplacer et se détendre, les travailleurs et les résidants du quartier des affaires disposent d'un réseau d'espaces dégagés interdits aux véhicules et entrelacés de bassins et de fontaines dans des aménagements au caractère tout à fait urbain voisinant avec des parcs boisés.

Avec le déclin de l'industrie lourde, l'économie de la ville est fondée sur une nouvelle base dont les effets environnementaux, comparativement mineurs, sont essentiellement dus au trafic lourd. Au lieu d'être isolées dans des lieux éloignés, les zones de travail peuvent donc être dispersées dans les quartiers résidentiels et sont facilement accessibles par les transports en commun, ou même à pied.

Des collectivités satellites

Si l'extension de la ville en périphérie est inacceptable, le développement urbain, inévitable, est en fait bienvenu. Des trains à grande vitesse relient le centre-ville à un certain nombre de satellites urbains dont l'emplacement et l'aménagement ont fait l'objet d'une planification soigneuse suivant les mêmes principes que ceux appliqués à la ville centrale. Certains de ces satellites sont situés à des kilomètres de distance, dans des régions à faible productivité agricole dont l'économie était autrefois stagnante. Profitant de l'évolution économique, ils ont constitué leur propre assise. En outre, comme ils sont équipés d'un réseau efficace de communications électroniques, le volume des déplacements quotidiens entre ces points et la ville centrale est habituellement assez faible.

Du haut des airs, on constate que la ville forme un paysage bien défini : une grande partie est constituée de zones nettement délimitées, dispersées dans des secteurs ruraux qui s'étendent bien au-delà du cœur de la ville, lui-même intégré à des bandes de verdure. Ville et campagne s'entremêlent dans une symbiose organisée et planifiée, et non dans un désordre anarchique où elles s'entre-détruiraient.

Oui, ce futur est possible.

On peut promouvoir l'économie de l'énergie et les transports en commun, la bicyclette et la marche grâce à l'utilisation polyvalente des terrains et à l'établissement de densités démographiques appropriées. On peut faire des économies en matière de terrain, d'énergie et de services publics en rénovant les anciens immeubles et les vieux quartiers. Dans les projets de réaménagement, on peut prévoir toutes sortes d'éléments avantageux sur le plan écologique, comme des espaces verts et des installations pour le remisage des bicyclettes et pour le stockage et la collecte des déchets en vue de leur réutilisation ou de leur recyclage. On peut protéger les espaces verts, y compris ce qu'il reste des zones sauvages, les relier entre eux et, en complément, planter des arbres à profusion dans les terrains publics et privés et même dans les immeubles.

Il existe de nombreuses façons permettant de valoriser la qualité de l'environnement des nouvelles banlieues de la périphérie. On peut planifier le développement résidentiel et orienter et concevoir les bâtiments pour exploiter au maximum le terrain occupé, limiter le plus possible les surfaces revêtues, installer autant que possible des canalisations à écoulement gravitaire, tirer parti au maximum de l'ensoleillement et conserver les boisés, les vallons et les autres éléments du relief naturel (Lang et Armour, 1982). On peut aménager des pistes cyclables et piétonnières et les relier au réseau de transport en commun. L'aménagement paysager écologique peut compenser dans une bonne mesure la perte d'éléments naturels, en plus d'augmenter la valeur des propriétés. Par des normes de construction appropriées, notamment en ce qui a trait à l'isolation poussée des bâtiments et au chauffage solaire passif, on peut économiser l'énergie. Quant à la densité démographique — peut-être le point le plus important —, on peut l'augmenter substantiellement par des lots plus petits et à marge zéro (autorisant la construction jusqu'à la limite de la rue) et en offrant d'autres types d'habitations que la maison individuelle, comme des condominiums en hauteur et des coopératives d'habitation avec cours privées et façades individuelles, qui préservent les valeurs clés de la propriété, des possibilités de placement, de l'identité et de l'intimité à l'intérieur et à l'extérieur.

Toutes ces mesures et d'autres encore ont été appliquées dans diverses agglomérations du Canada, mais il faut faire

preuve de créativité et d'innovation dans la planification des politiques, les mécanismes de mise en œuvre et les normes. Il peut aussi être nécessaire de faire des compromis : ainsi, on peut conserver les terres en périphérie de la ville, mais il faut prévoir des logements d'un prix abordable; rechercher l'efficacité énergétique dans l'urbanisme résidentiel, mais prévoir de l'espace et tenir compte du besoin d'intimité des gens; accroître la densité du peuplement urbain en fonction des transports en commun, mais prévoir aussi la séparation des usages fonciers incompatibles; optimiser l'utilisation du terrain en zone centrale, sans oublier la conservation des espaces verts; comparer les avantages de la rénovation (p. ex., l'économie de matériaux et d'énergie) à ceux des réaménagements (p. ex., l'utilisation plus intensive du terrain). L'urbanisme véritablement écologique passe donc par la collaboration de tous les paliers de gouvernement, du secteur privé et de la population. Pour l'instant, le principal obstacle réside, non dans un manque de connaissances techniques ou d'expérience, mais dans le respect des « droits » à la propriété foncière ainsi que dans la réticence quasi généralisée des consommateurs, promoteurs immobiliers, entrepreneurs et municipalités devant les nouvelles méthodes préconisées en matière d'utilisation des terrains et les « nouveaux » types de logements.

Si, à l'échelle du pays, la concentration en région urbaine n'est pas nécessairement une mauvaise chose sur le plan écologique, il n'en est pas de même pour la déconcentration locale et régionale. Sous sa forme actuelle, le schéma d'urbanisation ou de quasi-urbanisation régionale offre peu d'avantages en compensation de ses très graves lacunes écologiques. Il favorise le gaspillage des terres et nuit à l'agriculture bien au-delà des limites de la ville. Il cause inutilement la destruction de boisés, de milieux humides et d'autres zones de valeur écologique, esthétique et récréative. Il peut créer des problèmes hydrologiques et altérer l'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau et le milieu aquatique. Il impose aussi une forte demande en énergie, en agrégats de construction et autres ressources nécessaires à la viabilisation de la région. Enfin, il rend l'automobile encore plus indispensable, non seulement dans la zone périphérique, mais aussi dans toute la région urbaine, ce qui entraîne une demande supplémentaire de ressources et ajoute à la pollution atmosphérique et acoustique.

Malgré tout, les tendances démographiques et économiques conjuguées aux techniques modernes de l'information, des communications et du transport, font que la déconcentration régionale se poursuivra certainement dans un avenir prévisible. Cette perspective n'est pas nécessairement alarmante; du point de vue écologique, notamment, les dangers et les problèmes ne tiennent pas à la déconcentration comme telle mais bien à la façon dont elle se fait. Il n'est pas obligatoire que l'« étalement » anarchique qui a caractérisé la périphérie des villes canadiennes ces 40 dernières années se poursuive indéfiniment. Grâce à une politique d'urbanisme judicieuse, de portée véritablement régionale, il serait possible d'organiser l'expansion des villes actuelles et la création de nouveaux centres urbains secondaires, situés dans la mesure du possible dans des zones à faible potentiel agricole, densément bâtis et reliés au centre-ville par un réseau de transport en commun efficace. Des « enveloppes urbaines » soigneusement conçues, clairement définies et rigoureusement appliquées garantiraient à long terme le caractère rural des zones environnantes et sauvegarderaient les zones d'intérêt écologique, hydrologique et esthétique. La solution est en fait bien connue et a été mise en œuvre depuis longtemps ailleurs dans le monde. Son application au Canada est une question de volonté politique et d'acceptation publique.

OUVRAGES CITÉS

Air Pollution Control Association. 1989. *Proceedings: seminar on the contemporary oxidant problem*. Vancouver.

Anonyme. 1991. « Architects to examine elements of healthy buildings. » *Ecolog Week*, 25 janvier.

Association canadienne du transport urbain. 1986. *Urban transit facts in Canada*. Toronto.

Association canadienne du transport urbain. 1990. *Les avantages environnementaux du transport en commun*. Toronto.

Bond, W.K. 1986. *Human settlements: Facts and trends — Status of land in Canada*. Rapport inédit. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

British Columbia Land Commission Act. 1973. *Chapter 46*. Sanction royale, 18 mai, Victoria.

Burge, P.S. 1990. « Building sickness — A medical approach to the causes. » Dans : *Indoor air '90: Proceedings of the international conference on indoor air quality and climate*. Vol. 5. Ottawa.

Central Ontario Lakeshore Urban Complex Task Force. 1974. *Report to the Advisory Committee on Urban and Regional Planning*. Gouvernement de l'Ontario, Toronto.

Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto. 1989. *Rapport provisoire*. Toronto.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*. Environnement Canada, Ottawa.

Day, J.H. 1990. « Investigation and management of indoor air quality problems. » Dans : *Indoor air '90: Proceedings of the international conference on indoor air quality and climate*. Vol. 5. Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *Terres humides du Canada*. Série de classification écologique du territoire n° 24. Comité canadien de la classification écologique du territoire, Groupe de travail national sur les terres humides, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1989. Données nationales sur la surveillance de la pollution atmosphérique. Division de la gestion de l'inventaire, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. Sans date *a*. Base de données sur les utilisations de l'eau par les municipalités, données inédites jusqu'en 1989. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. Sans date *b*. Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada, données inédites. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Fédération canadienne des municipalités. 1984. *État et financement de l'infrastructure municipale au Canada*. Comité technique de la FMC sur l'infrastructure municipale, Fédération canadienne des municipalités, Ottawa.

Friends of the Spit. 1990*a*. *Birds of the Leslie Street Spit*. Document présenté à la Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, Toronto.

Friends of the Spit. 1990*b*. *Plants of the Leslie Street Spit*. Document présenté à la Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, Toronto.

Furmanczyk, T. 1987. *Évolution de la qualité de l'air des villes au Canada, 1974–1987*. Rapport SPE 7/UP/2. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Gagnon, L. 1989. Présentation du vice-président de l'Union québécoise pour la conservation de la nature lors de la conférence intitulée « Financing the turnaround decade conference », 17 août.

Gertler, L.O., R.W. Crowley et W.K. Bond. 1977. *Changing Canadian cities: the next 25 years*. McClelland & Stewart, Toronto.

Gierman, D.M. 1977. *Urbanisation des terres rurales*. Publication hors-série n° 16. Direction générale des terres, Pêches et Environnement Canada, Ottawa.

Gouvernement de l'Ontario. 1970. *Design for development: the Toronto-centred region*. Toronto.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique*. Feuillet d'information EDE n° 90–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Hooper, D., J.W. Simmons et L.S. Bourne. 1983. *The changing economic basis of Canadian urban growth, 1971–81*. Research Paper No. 139. Centre for Urban and Community Studies, Université de Toronto, Toronto.

Institut canadien des urbanistes. 1989. *Transforme-action* (Bulletin du projet canadien des communautés en santé). 1 : 1.

Inventaire des terres du Canada. 1976. *Possibilité des terres pour l'agriculture : rapport préliminaire*. Rapport ITC n° 10. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Lang, R., et A. Armour. 1982. *Planifier les terres pour conserver l'énergie : 40 études de cas au Canada et aux États-Unis*. Série de l'utilisation des terres au Canada n° 25. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Leedy, D.L., R.M. Maestro et T.M. Franklin. 1978. *Planning for wildlife in cities and suburbs*. American Society of Planning Officials, Chicago.

Loi sur la protection du territoire agricole 1978 (Québec). Projet de loi 90. Adopté le 22 décembre.

MacLaren Engineering. 1989. *Generation of waste*. Enquête provinciale inédite.

Marshall, I.B. 1982. *Mines, utilisation des terres et environnement*. Série de l'utilisation des terres au Canada n° 22. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Martin, L.R.G. 1975. *La dynamique de l'utilisation des sols dans la zone périphérique urbaine de Toronto*. Dossier cartographique n° 3. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

McCuaig, J., et E.W. Manning. 1982. *L'évolution de l'utilisation des terres agricoles au Canada : processus et conséquences*. Série de l'utilisation des terres au Canada n° 21. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Metropolitan Toronto and Region Transportation Study. 1966. *Choices for a growing region*. Ministère des Affaires municipales de l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1988. *Air quality in Ontario*. Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Sous presse. *The physical and economic dimensions of municipal solid waste management in Ontario*. Version provisoire du rapport définitif préparé par CH2M Hill Ltd. Direction des politiques et de la planification, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988. *L'environnement au Québec : Un premier bilan, document technique et synthèse*. Québec.

Ministère des Transports et des Communications. 1983. *Energy conservation through transit and ride sharing: an overview of municipal opportunities*. Programme de gestion de l'énergie des transports, Division du transport, de la technologie et de l'énergie, ministère des Transports et des Communications, Toronto.

Ministère des Transports et des Communications. Sans date. Données inédites sur le volume du trafic des véhicules à moteur. Toronto.

Mitchell, R. 1989. *La population canadienne d'un océan à l'autre*. Série Le Canada à l'étude, n° 98–120 au catalogue. Statistique Canada, Ottawa.

Neimanis, V.P. 1979. *Les villes canadiennes et les terres environnantes*. Rapport de l'Inventaire des terres du Canada n° 15. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Nero, A.V. 1988. « Les contrôles de la pollution dans les logements. » *Pour la science*, juillet 1988, n° 129 : 24–31.

Newman, P.W.G., J.R. Kenworthy et T.J. Lyons. 1988. « Does free-flowing traffic save energy and lower emissions in cities? » *Search* (Sydney), 5/6 : 267–272.

Pearse, P.H., F. Bertrand et J.W. MacLaren. 1985. *Vers un renouveau : rapport définitif de l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux*. Environnement Canada, Ottawa.

Reener, M. 1988. *Rethinking the role of the automobile*. World Watch Paper No. 84. World Watch Institute, Washington, DC.

Reid, F.A. 1986. « Real possibilities in the transportation myths. » Dans : Van der Ryn, S., et P. Calthorpe (réd.). *Sustainable communities*. Sierra Club Books, San Francisco.

Richardson, N.H., B.I. Savan et L. Bodnar. 1989. *Economic benefits of a clean environment: Sudbury case study*. N.H. Richardson Consulting, Toronto.

Robinson, I.M. 1981. *Canadian urban growth trends: implications for a national settlement policy*. University of British Columbia Press, Vancouver.

Rostum, H. 1987. *L'habitat au Canada : tendances et politiques, 1981–1986*. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa.

Santé et Bien-être social Canada. 1989. *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*. Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. Avril 1987, révisé en juillet 1989. Direction de la protection de la santé, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa.

Simmons, J.W., et L.S. Bourne. 1984. *Recent trends and patterns in Canadian settlement, 1976–81*. Major Report No. 23. Centre for Urban and Community Studies, Université de Toronto, Toronto.

Simmons, J.W., et L.S. Bourne. 1989. *Urban growth trends in Canada, 1981–86: a new geography of change*. Major Report No. 25. Centre for Urban and Community Studies, Université de Toronto, Toronto.

Société canadienne d'hypothèques et de logement. 1989. *Statistique du logement au Canada*. Ottawa.

Société canadienne d'hypothèques et de logement. 1990. *Bulletin mensuel d'information sur le logement*. Décembre. Ottawa.

Spengler, J.D., et K. Sexton. 1983. « Indoor air pollution: A public health perspective. » *Science*, 221(4605) : 9–17.

Spirn, A. 1984. *The granite garden*. Basic Books, New York.

Statistique Canada. Dates diverses. *Recensement du Canada. Profils de 1986*. Série de rapports. Ottawa.

Statistique Canada. 1982. *Déplacements entre le domicile et le lieu de travail. 1976–1980*. N° 87–503 au catalogue. Ottawa.

Statistique Canada. 1984. *Info-voyages*. Vol. 3, n° 2. Ottawa.

Statistique Canada. 1986. *Activité humaine et l'environnement : un compendium de statistiques*. N° 11509F au catalogue. Ottawa.

Statistique Canada. 1991. *Enquête pilote sur les ménages et l'environnement.* Ottawa.

Tate, D.M. 1990. *Gestion de la demande d'eau au Canada : examen des mesures actuelles.* Série des sciences sociales n° 23. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Thompson, Lightstone & Co. 1990. *Public opinion study research report: EMR and the environment.* Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Ville d'Ottawa. 1991. *City of Ottawa official plan: a vision for Ottawa.* Version provisoire définitive, février. Ottawa.

Ville de Toronto. 1989. *Special Advisory Committee on the Environment.* Toronto.

Ville de Toronto. 1991. *Towards a liveable metropolis. Metropolitan plan review report No. 13.* Metropolitan Toronto Planning Department, Toronto.

Warren, C.L., A. Kerr et A.M. Turner. 1989. *Urbanisation des terres rurales au Canada, 1981–86.* Feuillet d'information EDE n° 89–1 (et données supplémentaires inédites). Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Welch, D.M. 1980. *Pour la sauvegarde de nos terres.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

World Resources Institute. 1990. *World resources 1990–91.* En collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Programme des Nations Unies pour le développement. Oxford University Press, New York.

Yeates, M. 1975. *Main Street: Windsor to Quebec City.* Macmillan of Canada, Toronto.

Yeates, M. 1985. *Les terres dans le corridor urbain Windsor–Québec.* Série de l'utilisation des terres au Canada n° 27. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Bilan Saint-Laurent. Dates diverses. Feuillets d'information sur l'état du Saint-Laurent. Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Environnement Canada, Montréal.

Bryant, C.R., L.H. Russwurm et A.G. McClellan. 1982. *The city's countryside.* Longman, New York.

Comité canadien de la classification écologique du territoire. 1988. *Les changements climatiques.* Bulletin n° 17. Décembre. Ottawa.

Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto. 1989–1991. Douze volumes, titres divers. Toronto.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver.* Feuillet d'information 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1991. *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada.* Rapport EDE n° 91–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Halifax Harbour Task Force. 1990. *Final Report: Halifax Harbour Task Force.* Halifax.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario et Environnement Canada. 1992. *Stratégies d'assainissement des eaux : le plan d'assainissement de la communauté urbaine de Toronto et de la région.* Toronto.

Statistique Canada. Dates diverses. Série Le Canada à l'étude, résumés du recensement de 1986. Ottawa.

Ville de Toronto. 1988. *Healthy Toronto 2000.* Board of Health, Healthy Toronto Subcommittee, Toronto.

Rapports sur l'état de l'environnement urbain

Toronto

MacPherson, A.S. 1988. *Toronto: State of the environment.* Département de la santé publique, Ville de Toronto, Toronto.

Hamilton–Wentworth

Municipalité régionale de Hamilton–Wentworth. 1990. *State of the environment 1990.* Département de la planification et du développement, Municipalité régionale de Hamilton–Wentworth, Hamilton.

Kitchener–Waterloo

Municipalité régionale de Waterloo. 1989. *Literature review and annotated bibliography. State of the environment — Background Report No. 1.* Département de la planification et du développement, Municipalité régionale de Waterloo, Waterloo.

Municipalité régionale de Waterloo. 1991. *Survey questionnaire and content analysis. State of the environment — Background Report No. 2.* Département de la planification et du développement, Municipalité régionale de Waterloo, Waterloo.

Municipalité régionale de Waterloo. 1991. *Report of the Citizen's Advisory Committee on the Quality of Life. State of the environment — Background Report No. 3.* Département de la planification et du développement, Municipalité régionale de Waterloo, Waterloo.

Ottawa

Département de la santé d'Ottawa–Carleton. 1991. *State of the environment report: An environmental health perspective.* Municipalité régionale d'Ottawa–Carleton, Ottawa.

New York

Goldstein, E.A., et M.A. Izeman. 1990. *The New York environment book.* Natural Resources Defense Council, Island Press, New York.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été écrit pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, par Nigel Richardson, N.H. Richardson Consulting Ltd. (Toronto).

D'importantes contributions ont été apportées par Len Gertler et Mary-Ellen Tyler, Université de Waterloo, Vicki Nash-Moore (Ottawa), Wayne Bond et Dennis O'Farrell, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), et Tom Furmanczyk, Conservation et Protection, Environnement Canada (Ottawa).

Nous remercions particulièrement Susan Berlin, Projet Villes en santé (Ottawa), Penina Coopersmith, experte-conseil en environnement (Ottawa), Ian Kilgour, expert-conseil en urbanisme (North Bay, Ontario), John Anderson, Lynne Bricker, Patricia Hayes, Ted Manning, Tom Pierce et Birch Behman, Rapport sur l'état de l'environnement, Jim McCuaig, Service canadien de la faune, et Don Tate, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada (Ottawa), David D'Amour, Deborah Dark et Shirley Lewchuck, Société canadienne d'hypothèques et de logement (Ottawa), Martin Butterfield et Bruce Mitchell, Statistique Canada (Ottawa). Ces personnes ont fourni des conseils précieux sur le contenu, le texte et les données et ont revu le manuscrit en partie ou en totalité à plusieurs étapes de son élaboration.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : Richard Gilbert, conseiller municipal, ville de Toronto, Sarah Groves, urbaniste, ville de Burnaby, Colin Isaacs, expert-conseil en environnement (Stoney Creek, Ontario), Jean-Claude Marsan, École d'architecture, Université de Montréal, et Ted Poyser, expert-conseil en environnement (Winnipeg).

Sheila McCrindle et Jean Séguin, Rapport sur l'état de l'environnement, ont assuré la coordination du chapitre durant la phase initiale du travail, tandis que la production de la version définitive a été coordonnée par Peter Rodgers.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Judy Lord, avec la collaboration de Marla Sheffer.

14

GRACIEUSETÉ DU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE DOWNSVIEW

POINTS SAILLANTS

Au cours des 20 à 30 dernières années, certaines pollutions industrielles attribuables aux secteurs primaire et secondaire ont diminué.

■

Les industries restent les principales sources de polluants tels que le dioxyde de soufre, les matières en suspension et les CFC. Cependant, les émissions industrielles de dioxyde de soufre, principale cause des pluies acides, ont été réduites de près de la moitié entre 1970 et 1985; d'ici 1994, elles devraient représenter la moitié de celles de 1980. Entre 1970 et 1985, les émissions de matières particulaires totales des usines ont diminué de près de 36 %. La production de CFC (gaz associés à la destruction de la couche d'ozone) aura cessé complètement d'ici l'an 2000.

■

L'utilisation de combustible comme source d'énergie ainsi que pour le chauffage et le transport représente 90 % des émissions de dioxyde de carbone.

■

Selon les données obtenues sur chaque secteur industriel, beaucoup de paramètres de la pollution de l'eau se sont considérablement améliorés au cours des années 1970 et 1980, y compris les matières en suspension, les matières qui exercent une demande d'oxygène, les produits toxiques rémanents et non rémanents ainsi que les éléments nutritifs. Toutefois, certaines usines ont excédé les limites permises pour divers polluants. Selon une étude de 170 usines de l'Ontario, 54 % d'entre elles enfreignaient régulièrement leurs limites mensuelles de pollution en 1989.

■

L'industrie a connu beaucoup moins de succès dans la réduction de sa production de déchets dangereux. En 1986, les Canadiens en ont produit environ 8 millions de tonnes, dont la grande majorité provenait de sources industrielles. Jusqu'à 1 000 sites du pays seraient contaminés par ces déchets.

■

Même si la moitié des déchets dangereux produits au Canada sont recyclables, une petite proportion seulement est exploitée. Des programmes d'échange de déchets ont été mis sur pied dans plusieurs provinces afin d'encourager le recyclage et la réutilisation de ces matières.

■

Comme les consommateurs sont à l'origine d'une grande partie de la demande à laquelle l'industrie est soumise, les efforts visant à réduire la pollution doivent non seulement viser les procédés industriels, mais également s'attaquer aux demandes et aux habitudes des consommateurs.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 14-4

La pollution atmosphérique . . . 14-4
Les types de polluants atmosphériques et leurs effets . . . 14-4
L'apport de l'industrie . . . 14-5
La lutte contre la pollution atmosphérique . . . 14-8

La pollution de l'eau . . . 14-9
Les sources de la pollution de l'eau . . . 14-9
Les types de polluants de l'eau . . . 14-10
Les matières en suspension . . . 14-10
La demande biochimique en oxygène . . . 14-11
Les contaminants toxiques . . . 14-11
Les éléments nutritifs . . . 14-11
L'apport de l'industrie . . . 14-11

Les déchets dangereux . . . 14-12
L'apport de l'industrie . . . 14-12
L'élimination des déchets dangereux . . . 14-12
La réduction et le recyclage des déchets dangereux . . . 14-14
Un début de solution . . . 14-15

La performance de l'industrie : quelques études de cas . . . 14-15
Le raffinage du pétrole . . . 14-15
L'industrie chimique . . . 14-17
Les pâtes et papiers . . . 14-18

Conclusions . . . 14-21

Ouvrages cités . . . 14-22

Remerciements . . . 14-23

Liste des encadrés

14.1 Le traitement des déchets liquides urbains 14-11
14.2 Pas dans ma cour : le problème des installations permanentes de traitement des déchets 14-13
14.3 Les consommateurs et la pollution 14-20

Liste des figures

14.1 Émissions de dioxyde de soufre au Canada, 1970–1985 14-5
14.2 Émissions de matières particulaires au Canada, 1970–1985 14-8
14.3 Émissions d'oxydes d'azote au Canada, 1970–1985 14-8
14.4 Émissions de monoxyde de carbone au Canada, 1970–1985 14-9
14.5 Émissions d'hydrocarbures au Canada, 1970–1985 14-9
14.6 Répartition des émissions de plomb au Canada, 1978–1995 14-10
14.7 Utilisation des chlorofluorocarbures, 1986–1989 14-10
14.8 Mouvements transfrontières des déchets dangereux, 1987–1990 14-14
14.9 Estimations des émissions des raffineries de pétrole au Canada 14-15
14.10 Moyenne annuelle des rejets des raffineries de pétrole au Canada, 1972–1987 14-16
14.11 Moyenne annuelle des concentrations d'hydrocarbures non méthaniques, à Sarnia (Ontario), 1980–1990 14-17
14.12 Matières organiques choisies trouvées dans la chair des poissons de la rivière St. Clair, 1980–1988 14-17
14.13 Rejets industriels de polluants de l'eau surveillés régulièrement dans la région de Sarnia, en Ontario 14-18
14.14 Rejets des usines de pâtes et papiers au Canada, 1970–1987 14-19
14.15 Émissions annuelles estimatives de polluants atmosphériques courants provenant de l'industrie des pâtes et papiers, 1970–1986 14-19

Liste des tableaux

14.1 Sommaire des émissions nationales de polluants atmosphériques, 1985 14-6
14.2 Élimination des déchets dangereux 14-14
14.3 Matières confiées aux bourses de déchets dangereux 14-15
14.E1 Estimations de l'utilisation des solvants et des émissions de composés organiques volatils au Canada, 1988 14-21
14.E2 Matériaux nécessaires à la construction d'une voiture particulière ordinaire 14-22

> « C'était une ville de machines et de hautes cheminées, d'où sortaient sans trêve ni repos d'interminables serpents de fumée qui se traînaient dans l'air sans jamais parvenir à se dérouler. Elle avait un canal bien noir et une rivière qui roulait des eaux empourprées par une teinture infecte, et de vastes bâtiments percés d'une infinité de croisées, qui résonnaient et tremblaient tout le long du jour, tandis que le piston des machines à vapeur s'élevait et s'abaissait avec monotonie, comme la tête d'un éléphant mélancolique. »
>
> Charles Dickens, 1854

INTRODUCTION

De hautes cheminées d'usine crachant dans l'air limpide une sinistre fumée noire qui s'épaissit en nuages de plomb, voilà une image aisément reconnaissable de la pollution. Pourtant, devant les nombreux panaches des feux de bois qui s'étirent paresseusement au-dessus des quartiers résidentiels, qui pense à la pollution? Cela montre bien à quel point nous associons les émissions polluantes presque uniquement à l'industrie.

L'histoire nous donne de très bonnes raisons de penser ainsi. Pendant des années, les usines crasseuses ont rejeté leurs fumées presque sans retenue, transformant le paysage environnant en lieu de désolation. Il existait d'autres sources de pollution, mais les usines étaient certainement les sources les plus visibles dans les pays industrialisés pendant tout le XIX^{e} siècle et durant la plus grande partie du XX^{e}. Encore aujourd'hui, les Midlands, berceau de la révolution industrielle dans le centre de l'Angleterre, sont encore surnommés « le pays noir ».

La réputation largement répandue de pollueuse que possède l'industrie repose également sur l'extraordinaire capacité de cette dernière de modifier l'environnement. Par l'alliage de nouvelles techniques, de nouvelles formes d'énergie et de nouveaux modes d'organisation socio-économique, la révolution industrielle a multiplié de façon exponentielle la productivité des êtres humains et, également, la capacité de ceux-ci de consommer les ressources naturelles et de rejeter des quantités prodigieuses de produits et de sous-produits nocifs. Elle a marqué un tournant dans l'aptitude de l'humanité à altérer l'environnement.

La pollution doit cesser d'être imputée exclusivement à l'industrie. Bien qu'elles se soient distinguées comme sources potentielles importantes de pollution concentrée (sources ponctuelles fixes), les usines sont parmi les endroits qui se prêtent le mieux à la lutte contre les émissions et à leur réduction. Ces 20 ou 30 dernières années, des mesures importantes ont donc été prises en vue de limiter leurs effets sur l'environnement. Dans la même période, d'autres secteurs sont devenus de gros pollueurs, si bien que le rôle de l'industrie dans la problématique de l'environnement et sa place dans la hiérarchie des pollueurs ne sont déjà plus ce qu'ils étaient.

Dans le présent chapitre, le terme « industrie » s'applique à l'extraction des matières premières, comme l'exploitation minière, à la première transformation, comme la fabrication des pâtes et papiers et le raffinage du pétrole, à la deuxième transformation et à la fabrication de produits semi-finis, comme l'industrie pétrochimique (p. ex., le styrène, la fibre de polyester), et, enfin, à la fabrication de produits finis (p. ex., le vêtement, l'automobile). L'objectif poursuivi ici est de mieux décrire l'importance relative de la contribution des nombreux secteurs industriels aux problèmes actuels d'environnement.

LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Les types de polluants atmosphériques et leurs effets

Tous les jours, les activités humaines entraînent le rejet de millions de tonnes de polluants dans l'atmosphère; une grande partie de ces polluants est constituée de gaz comme le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone provenant principalement de la combustion de combustibles fossiles. Les poussières, les suies et diverses autres particules, microscopiques pour la plupart, sont d'autres constituants importants de cette pollution, tout comme les vapeurs et les aérosols des milliers de produits chimiques que nous utilisons couramment dans nos usines et nos demeures.

Certains polluants interagissent avec d'autres pour produire de nouveaux polluants. L'essence, les solvants de nettoyage à sec et bien d'autres produits chimiques, par exemple, contiennent des composés organiques volatils dont

les vapeurs, en plus de réagir avec les oxydes d'azote en présence de la lumière du jour pour former l'ozone de la basse troposphère, contribuent à la formation du smog. Quand les conditions s'y prêtent, l'ozone de la basse troposphère peut atteindre des concentrations nocives.

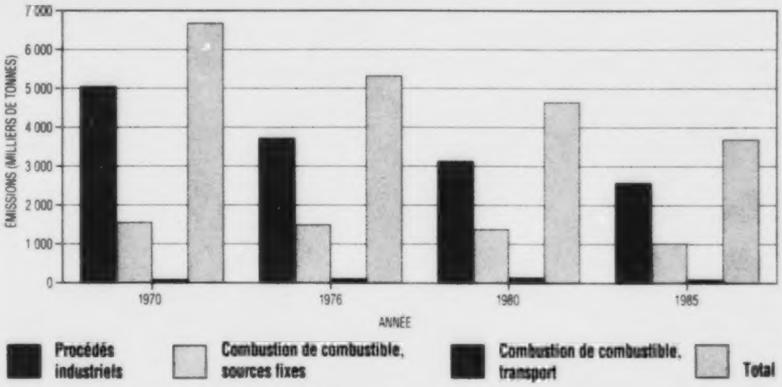
Beaucoup de polluants menacent gravement la santé. Parfois, ils peuvent tuer, comme cela s'est produit à Londres en décembre 1952, où quatre journées de smog ont causé la mort de 4 000 personnes. Les polluants atmosphériques ont des effets sur l'appareil respiratoire principalement; les substances irritantes les plus courantes sont le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone et les matières particulaires. Des études épidémiologiques ont corrélé ces polluants à des troubles respiratoires, à une prédisposition accrue aux infections respiratoires et à une aggravation des pathologies respiratoires comme l'asthme et la bronchite (National Research Council, 1985).

D'autres polluants ont été reliés à une variété d'autres effets. Le monoxyde de carbone, par exemple, peut diminuer l'aptitude intellectuelle et motrice à des concentrations que l'on observe parfois en milieu urbain pollué. En outre, un certain nombre de substances très toxiques, qui se lient souvent à d'infimes particules, peuvent être présentes dans l'atmosphère : elles sont inhalées facilement et peuvent se loger profondément dans les poumons. Leurs effets sont variables, mais certains de ces contaminants, comme le plomb, peuvent s'attaquer au système nerveux central et à d'autres organes, tandis que d'autres, comme les HAP, peuvent provoquer le cancer ou lui être propices.

Beaucoup de polluants atmosphériques nuisent à d'autres organismes qui peuplent l'environnement. Les plantes, cultivées ou sauvages, montrent divers signes de l'effet de la pollution atmosphérique : photosynthèse ralentie, activité enzymatique perturbée, feuillage moins abondant, croissance et production de semences réduites. La pollution atmosphérique, le changement climatique et d'autres causes de

FIGURE 14.1

Émissions de dioxyde de soufre au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada.

traumatisme seraient des facteurs déterminants du dépérissement des forêts (Hilborn et Still, 1990).

Les polluants atmosphériques contribuent, pour une large part, à modifier sur le plan physico-chimique certains processus naturels importants. Les émissions anthropiques de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote sont la cause principale des dépôts acides, lesquels ont dégradé des centaines de lacs et de cours d'eau d'Europe et d'Amérique du Nord (voir le chapitre 24). Les produits de synthèse comme les CFC et les halons jouent un rôle clé dans l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique (voir le chapitre 23), tandis que le dioxyde de carbone, les CFC, le méthane et l'oxyde nitreux altèrent la capacité de régulation thermique de l'atmosphère, ce qui occasionne peut-être en ce moment un changement climatique sans précédent à l'échelle mondiale (voir le chapitre 22).

L'apport de l'industrie

L'industrie peut rejeter par diverses voies un grand nombre de polluants dans l'atmosphère : émissions des cheminées, fuites du matériel, rejets accidentels et évaporation de produits volatils. D'autres activités, et elles sont nombreuses, polluent également : les transports, l'agriculture, la production d'électricité, le chauffage des commerces et des habitations, l'incinération des déchets, le défrichement et la construction. Avec toutes ces sources de pollution, quelle est l'importance de la contribution de l'industrie?

Comme il est indiqué à la figure 14.1, les émissions de dioxyde de soufre ont baissé de presque 45 % entre 1970 et 1985. Les procédés industriels ont été, et demeurent, la principale source des rejets de dioxyde de soufre au Canada, surtout en raison de la métallurgie ainsi que de la récupération et de la transformation du pétrole, dont la part totalisait 90 % des rejets en 1985 (tableau 14.1). Toutefois, presque toute la diminution des rejets peut être attribuable à la réduction des émissions industrielles, qui ont baissé de près de la moitié au cours de la période. On prévoit que les émissions de dioxyde de soufre n'atteindront en 1994 que la moitié de celles de 1980.

De même, les émissions industrielles de matières particulaires totales ont baissé d'environ 36 % entre 1970 et 1985; toutefois, le total des émissions n'a diminué que de 16 %, ce qui est surtout imputable à une légère augmentation des émissions provenant des moyens de transport (figure 14.2).

Les émissions d'oxydes d'azote, en revanche, ont augmenté de plus de 40 % entre 1970 et 1985 (figure 14.3). La plus grande partie de ces émissions

TABLEAU 14.1

Sommaire des émissions nationales de polluants atmosphériques, 1985

Catégorie	Émissions (t)						
	Matières particulaires totales	Dioxyde de soufre	Oxydes d'azote	Monoxyde de carbone	Hydrocarbures totaux	Composés organiques volatils	Dioxyde de carbone (1987)
Industries :							
Pétrole brut		30 003			27 311	15 021	
Minerai de fer	90 800	114 733	1 320	47 518	83	33	
Sidérurgie	26 976	15 701	5 898	216 587	6 129	5 428	
Aluminium	21 449	25 244	3 583	226 952	4 457	4 456	
Cuivre et nickel	23 648	1 629 458	5 153	3	15	13	
Plomb et zinc	4 405	120 289	209	17	1	1	
Raffineries	5 886	49 268	10 504	62 140	67 858	40 300	
Usines de gaz naturel	724	264 198	19 619		9 073	1 988	
Prod. du charbon	166 522	1 026	1 316	49	261 542	2	
Pétrochimie	8 148	6 837	8 394	12 642	42 775	36 400	
Plastiques					13 700	13 700	
Pâte kraft	112 865	27 734	19 991	61 521	9 134	9 134	
Sables bitumineux	1 851	106 007	5 183	5 256			
Amiante	4 167	6	5	1			
Mines et carrières	201 851	13 830	171	70	5	5	
Noir de carbone	122	2 703	2 852	117 211	7 213	6 131	
Pâtes chimiques	2 163	32 591	130				
Scieries	77 838	35	644	9 758	1 023	1 023	
Autres	305 035	51 543	22 569	67 484	24 543	24 490	10 330 358
Total partiel	1 054 449	2 491 206	107 541	827 209	474 862	158 124	10 330 358
Combustion de combustible :							
Sources fixes							
Raffineries	4 343	67 270	20 907	52 884	1 827	1 053	
Usines de gaz naturel	362	1 497	138 947	25 892	43 075	4 436	23 336 510
Autres industries	99 939	239 631	97 684	476 184	56 990	50 078	106 316 099
Total (industries)	104 644	308 398	257 538	554 960	101 892	55 567	129 652 609
Secteur commercial	2 714	23 612	25 926	6 962	2 077	1 332	21 146 105
Secteur résidentiel	4 568	31 798	37 562	16 450	5 272	2 664	41 993 640
Bois de chauffage	155 919	3 746	3 899	624 212	108 023	107 866	9 157 866
Centrales électriques							
Services publics	266 713	735 653	234 504	55 943	3 389	2 927	94 440 158
Autres	890	1 792	12 831	3 220	923	10	
Total (centrales)	267 603	737 445	247 335	59 163	4 312	2 937	94 440 158
Total partiel	535 448	1 104 999	572 260	1 261 747	221 576	170 367	296 390 378
Transports :							
Essence							
Voitures	43 256	10 622	352 000	4 015 545	458 556	412 700	48 351 409
Camions légers	9 740	3 996	95 400	1 416 139	158 556	142 700	20 444 931
Camions lourds	2 549	750	20 900	335 208	27 889	25 100	5 306 318
Motocyclettes	249	32	968	14 841	4 851	4 366	215 522
Total (essence)	55 794	15 400	469 268	5 781 733	649 851	584 866	74 318 180

TABLEAU 14.1 (SUITE)

Catégorie	Émissions (t) Matières particulaires totales	Dioxyde de soufre	Oxydes d'azote	Monoxyde de carbone	Hydrocarbures totaux	Composés organiques volatils	Dioxyde de carbone (1987)
Carburant diesel							
Camions légers	1 265	1 794	5 700	3 426	1 548	1 393	2 161 009
Camions lourds	14 848	19 600	264 300	100 348	31 889	28 700	19 405 971
Autres	20 487	14 867	230 304	69 559	25 967	23 370	14 092 220
Total (diesel)	36 600	36 261	500 304	173 333	59 403	53 463	35 659 200
Total (véhicules routiers)	92 394	51 661	969 572	5 955 066	709 255	638 329	109 977 380
Chemins de fer	6 634	7 077	132 100	49 066	6 216	5 968	5 396 163
Bateaux	3 569	33 361	16 747	84 898	30 589	27 922	5 219 354
Aéronefs	1 063	1 732	33 499	116 551	11 412	10 157	12 271 756
Consomm. hors-route	2 489	921	28 169	958 838	66 792	66 113	3 964 459
Usure des pneus	33 566				673	673	
Propane							1 385 416
Total partiel	139 715	94 752	1 180 087	7 164 419	824 937	749 162	138 214 528
Incinération :							
Déchets ligneux	34 423	321	3 207	416 924	35 465	7 226	8 957 212
Autres	3 410	1 436	2 477	10 715	30 109	6 020	1 322 171
Total partiel	37 833	1 757	5 684	427 639	65 574	13 246	10 279 383
Divers :							
Commercialisation des combustibles					108 799	108 770	
Incendies d'immeubles	6 262			12 524	6 262	6 262	
Épandage de pesticides	9 543						
Brûlage de rémanents	219 614		19 819	1 134 496	126 412	96 416	15 712 254
Autres	12 539			1 880			
Utilisation de solvants :							
Nettoyage à sec	5	74	36	1	14 000	14 000	
Revêtements de surface	4				187 500	187 500	
Usage général					300 500	300 500	
Total (solvants)	9	74	36	1	502 000	502 000	
Total partiel	247 968	74	19 855	1 148 901	743 473	713 448	15 712 254
Total national	**2 015 412**	**3 692 788**	**1 885 428**	**10 829 914**	**2 330 422**	**1 804 347**	**470 926 901**

Source : Environnement Canada.

(plus de 60 %) est due aux moyens de transport, principalement les véhicules à moteur. L'utilisation de combustibles dans les maisons, les commerces et les centrales électriques représente 30 % de ces émissions (tableau 14.1). Entre 1970 et 1985, le nombre de voitures et de camions sur les routes a augmenté d'environ 70 % et c'est à cela, plus qu'à toute autre chose, qu'il faut attribuer l'augmentation des rejets d'oxydes d'azote.

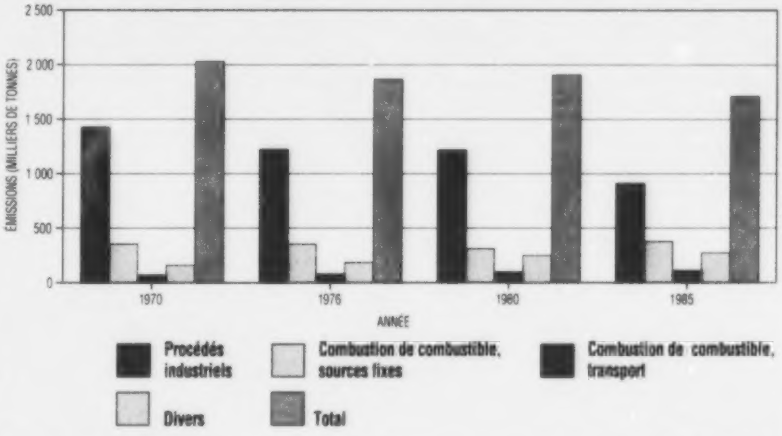
Les émissions de monoxyde de carbone n'ont que légèrement augmenté depuis 1970 (figure 14.4). La ventilation des sources fait ressortir une répartition semblable à celle des sources des oxydes d'azote : les moyens de transport représentaient 66 % des rejets en 1985, tandis que les rejets industriels s'élevaient à moins de 8 % du total (tableau 14.1).

Les concentrations d'ozone de la basse troposphère ont diminué au début des années 1980 pour augmenter ensuite vers la fin de la décennie. L'importance de cette pollution dépend des conditions météorologiques et de la présence de polluants précurseurs, principalement les oxydes d'azote et les composés organiques volatils. L'apport des rejets industriels à la formation de l'ozone, dans les régions où ce polluant fait problème, est d'environ 20 % du total (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990).

Il est vrai que les industries du pétrole, de la pétrochimie, du charbon et du coke rejettent des quantités considérables d'hydrocarbures, y compris des substances carcinogènes comme le benzène et les HAP, mais leur contribution totale s'élève à 60 % de celle des

FIGURE 14.2

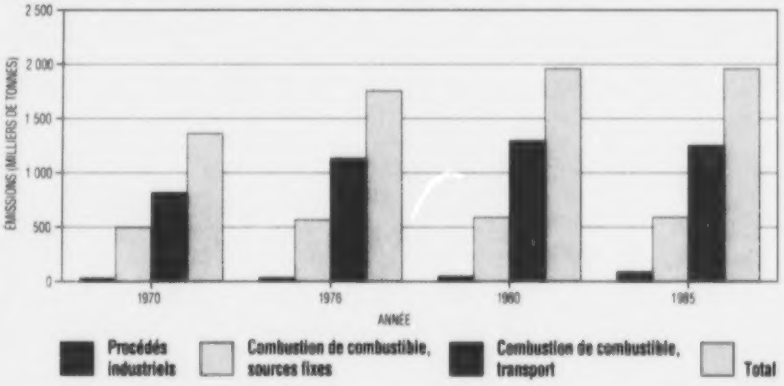
Émissions de matières particulaires au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada.

FIGURE 14.3

Émissions d'oxydes d'azote au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada.

moyens de transport (tableau 14.1). Toutefois, l'amélioration observée dans le secteur des transports est loin d'avoir contrebalancé les augmentations des émissions industrielles. En effet, entre 1970 et 1985, la part de l'industrie s'est élevée de 60 %, tandis que celle des transports baissait d'environ 20 % (figure 14.5).

Il n'y a pas si longtemps, les additifs à base de plomb dans l'essence étaient à l'origine des deux tiers du plomb rejeté dans l'atmosphère. Depuis leur abandon progressif, l'industrie est devenue la première source des émissions de plomb (surtout en raison de la production du plomb, du zinc, du cuivre et du nickel) (figure 14.6). Les fonderies et les récupérateurs de plomb peuvent contribuer pour beaucoup aux rejets de plomb dans leurs milieux respectifs. Ce métal persiste dans l'environnement et, dans certaines localités particulièrement touchées, il a atteint des concentrations nocives au point de nécessiter des mesures correctives telles que l'enlèvement des sols contaminés (Stokes, 1986).

Certains secteurs industriels utilisateurs de CFC et d'autres produits chimiques préjudiciables à la couche d'ozone ont largement contribué à l'appauvrissement de cette dernière. En 1989, 44 % des CFC consommés au Canada étaient utilisés dans les réfrigérateurs industriels et domestiques et dans les appareils de climatisation de l'air, 39 % étaient utilisés comme agents gonflants pour les mousses et 12 % étaient employés comme solvants industriels (figure 14.7). Les industries ont également été les principales utilisatrices d'autres produits chimiques destructeurs d'ozone, comme le tétrachlorure de carbone et le méthylchloroforme. En vertu du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (1987), le Canada aura interdit progressivement la production et l'utilisation de cinq types de CFC d'ici 1997. Le Canada s'est également engagé à éliminer l'utilisation d'autres CFC, des halons, du tétrachlorure de carbone et du méthylchloroforme d'ici l'an 2000.

Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone, les CFC, le méthane, l'ozone et l'oxyde nitreux. Le réchauffement accru de la planète est en grande partie imputable au dioxyde de carbone, dont les concentrations atmosphériques augmentent chaque année d'environ 0,5 % partout dans le monde. En 1987, environ 30 % des rejets de dioxyde de carbone au Canada étaient attribuables aux industries, ce qui représente sensiblement le taux imputable aux moyens de transport (tableau 14.1) (voir le chapitre 22).

Certains secteurs industriels utilisent une grande variété de produits chimiques, mais on ne dispose encore que de données limitées sur les émissions de ces produits.

La lutte contre la pollution atmosphérique

Ces deux dernières décennies, on a fait des progrès marquants dans la réglementation et la réduction des émissions industrielles. Dans les nombreux cas où les sources étaient principalement industrielles, les émissions ont été considérablement réduites (plus parti-

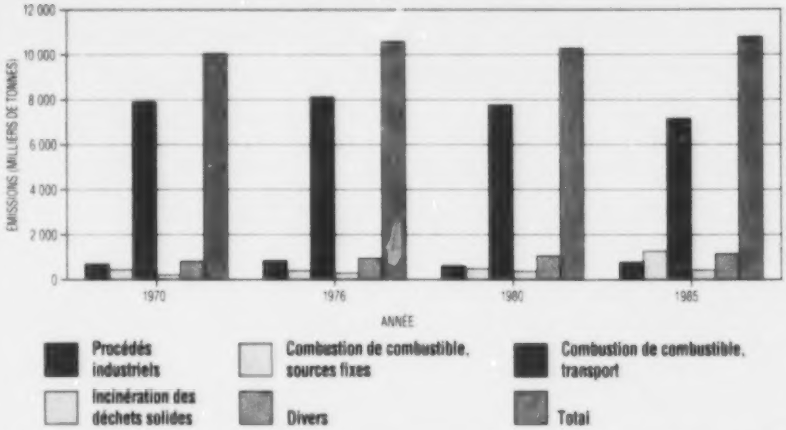
culièrement celles de dioxyde de soufre) ou la fabrication de la substance en cause a été progressivement abandonnée (les CFC et d'autres matières destructrices d'ozone).

Cela ne veut pas dire, toutefois, que les industries ne sont plus des sources importantes de pollution atmosphérique. Les usines peuvent toujours rejeter beaucoup de polluants localement nuisibles pour l'environnement ou la santé. De plus, des secteurs restent à améliorer. L'augmentation continue des émissions de dioxyde de carbone dans le monde devra être freinée sous peu si l'on veut réduire au minimum les dangers d'un réchauffement rapide du climat de la planète. Il faudra inévitablement une réduction substantielle des émissions industrielles de dioxyde de carbone. En outre, comme il a été mentionné précédemment, beaucoup d'autres polluants ne sont pas régulièrement surveillés et l'on peut difficilement se prononcer sur les progrès accomplis dans la réduction des émissions de ces polluants.

Cependant, les problèmes de qualité de l'air qui se poseront de la façon la plus urgente dans la prochaine décennie découleront principalement de l'utilisation des combustibles. Ils seront dus aux oxydes d'azote et aux composés organiques volatils, gaz qui sont les principaux agents du smog photochimique, et au dioxyde de carbone, le principal gaz à effet de serre. L'augmentation de la circulation automobile et les besoins énergétiques énormes de nos industries et de notre mode de vie exigent des mesures plus rigoureuses et plus efficaces contre les polluants qui accompagnent les formes de consommation de l'énergie.

FIGURE 14.4

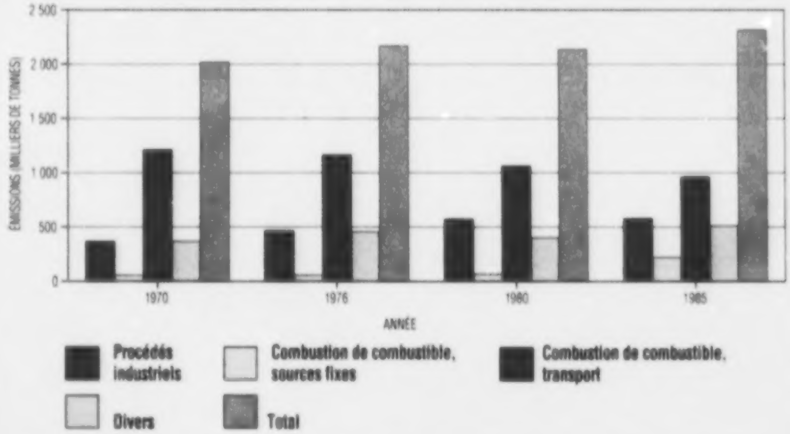
Émissions de monoxyde de carbone au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada.

FIGURE 14.5

Émissions d'hydrocarbures au Canada, 1970–1985



Source : Environnement Canada.

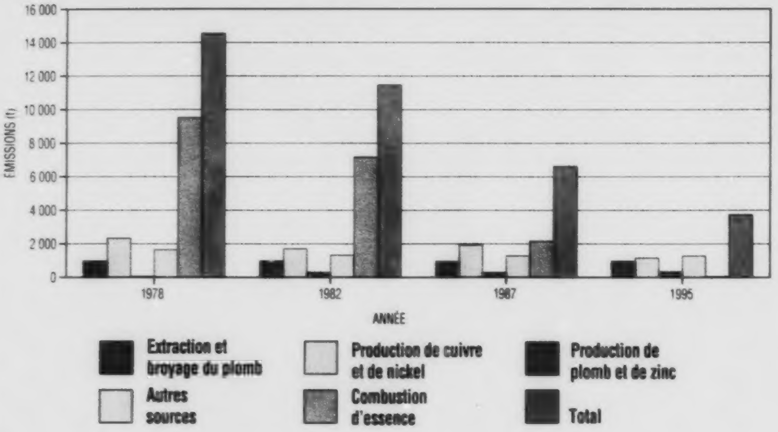
LA POLLUTION DE L'EAU

Les sources de la pollution de l'eau

Une part considérable des déchets évacués dans les lacs et cours d'eau du Canada provient de sources ponctuelles comme les émissaires industriels et municipaux. Les industries qui rejettent leurs déchets directement dans l'eau sont réglementées à l'échelon fédéral et provincial. Pour satisfaire à ces règlements, leurs effluents sont normalement soumis à un traitement préalable. Toutefois, ce traitement ne convient pas toujours. Selon une étude récente portant sur 170 installations ontariennes évacuant directement leurs déchets dans l'eau, 54 % d'entre elles enfreignaient régulièrement les limites mensuelles de pollution (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1991). La conception d'une installation de traitement dépend des polluants que l'on entend y traiter. L'industrie alimentaire, par exemple, produit des effluents qui exercent une forte demande biochimique en oxygène et dont la teneur en matières en suspension est élevée; le traitement doit donc inclure l'épuration biologique et la décantation. Les résidus chargés de métaux et de cyanures des ateliers de

FIGURE 14.6

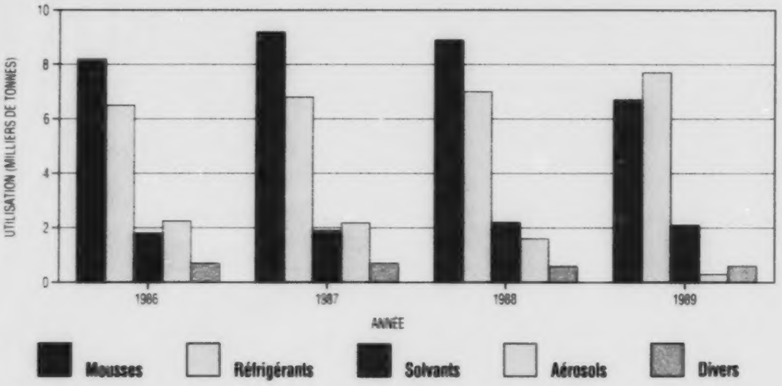
Répartition des émissions de plomb au Canada, 1978–1995



Source : Hilborn et Still, 1990.

FIGURE 14.7

Utilisation des chlorofluorocarbures, 1986–1989



Source : Environnement Canada, 1990*b*.

traitement des surfaces métalliques exigent en revanche un traitement chimique.

Les résidus urbains peuvent contenir un volume important d'effluents industriels. En fait, la plupart des usines, particulièrement les petites, évacuent leurs déchets dans les égouts municipaux. Les règlements locaux peuvent limiter les substances autorisées dans les égouts et exiger le traitement préalable de certains déchets. Cependant, ils visent à protéger les dispositifs d'épuration contre les perturbations plutôt qu'à limiter le rejet de matières nuisibles pour l'environnement. Les eaux urbaines peuvent subir jusqu'à trois types de traitement (voir l'encadré 14.1) ou elles peuvent n'en recevoir aucun : beaucoup de villes continuent de rejeter leurs eaux brutes dans les cours d'eau. Les usines municipales d'épuration ne peuvent donc pas toujours détoxiquer les effluents industriels, pas plus que les autorités municipales ne peuvent régir ce qui est évacué dans les égouts. Par conséquent, même les eaux d'égout traitées peuvent contenir des quantités importantes de matières toxiques.

L'atmosphère est également une source de contaminants pour de nombreuses masses d'eau, particulièrement les plus vastes, comme les Grands Lacs. Des polluants rémanents peuvent être transportés sur de grandes distances par les vents dominants et contaminer ainsi les eaux éloignées de la source de pollution. À la charge polluante, le ruissellement urbain ajoute des déchets biologiques ainsi que des traces de presque tous les produits chimiques utilisés en milieu urbain; le ruissellement des terres agricoles entraîne des produits agrochimiques comme les pesticides ainsi que des résidus de fumier et d'engrais. En outre, l'eau est souvent polluée par le suintement des décharges, le trop-plein des usines d'épuration, les fuites, les déversements accidentels, le versage illicite de déchets industriels et les rejets des embarcations et des navires.

Les types de polluants de l'eau

Les principales substances qui abaissent la qualité de l'eau sont les matières en suspension, les matières organiques exerçant une forte demande biochimique en oxygène, les contaminants toxiques et les éléments nutritifs.

Les matières en suspension

Les matières en suspension sont des particules suffisamment petites pour être transportées par un liquide. Elles se déposent au fond des rivières ou des lacs et elles peuvent altérer les habitats aquatiques, perturbant ainsi la vie des poissons et des plantes et détruisant les frayères. Des substances toxiques peuvent aussi adhérer à ces particules. La transformation des aliments, les usines de pâtes et papiers ainsi que les usines de traitement des minerais produisent toutes beaucoup de matières en suspension. Les égouts urbains, les alluvions et les particules atmosphériques constituent d'autres sources fréquentes de matières en suspension.

La demande biochimique en oxygène

Beaucoup d'effluents comme ceux des villes, des usines de pâtes et des usines de transformation des aliments sont riches en déchets organiques, dont la décomposition par les micro-organismes de l'eau s'accompagne d'une consommation d'oxygène. Cette consommation dépend de la nature et de la quantité des matières organiques ainsi que du volume et de la turbulence de l'eau. Si elle est excessive, l'eau se désoxygène, ce qui peut tuer le poisson et d'autres formes de vie aquatique.

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une mesure du potentiel de désoxygénation dû aux contaminants organiques. Certaines substances inorganiques consomment elles aussi de l'oxygène lorsqu'elles se décomposent, phénomène mesuré de façon semblable par la demande chimique en oxygène (DCO).

Les effluents de l'industrie des pâtes et papiers exercent une forte DBO (354 mg/L en moyenne en 1985). Comme les poissons ont besoin de 5 à 6 mg d'oxygène par litre d'eau, l'effluent dont la DBO est de 354 mg/L doit être dilué considérablement pour ne pas menacer les effectifs du poisson. Au cours de la décennie précédente, l'industrie des pâtes et papiers a réduit le volume et la DBO de ses effluents. En 1978, les 122 usines canadiennes qui rejetaient directement leurs effluents dans l'eau en ont évacué 8 809 000 m^3 par jour, dont la DBO a totalisé 3 000 t. En 1985, les rejets n'étaient plus que de 5 801 000 m^3 par jour, et leur DBO totalisait 2 000 t (voir la figure 14.14).

Les contaminants toxiques

Le gros des polluants toxiques est constitué de matières non rémanentes, comme les huiles et les graisses, les phénols, l'ammoniaque, les acides, les composés soufrés, qui se décomposent rapidement en molécules moins nuisibles. Les substances toxiques très rémanentes, qui sont facilement absorbées par les tissus vivants, sont également préoccupantes : elles s'accumulent dans la chaîne alimentaire et peuvent porter atteinte aux organes et causer des malformations congénitales, le cancer et d'autres problèmes de santé sérieux pour la faune et pour les humains. Les produits chimiques en cause appartiennent à trois groupes : les métaux lourds, comme le plomb et le mercure, les composés organochlorés, comme les BPC et les dioxines et furanes, et les hydrocarbures, comme certains HAP (voir les chapitres 3, 16, 18 et 21).

Les éléments nutritifs

Le phosphore et le potassium sont des éléments nutritifs essentiels à la production végétale en milieu aquatique. Toutefois, leur surabondance peut stimuler à outrance la croissance végétale, un processus appelé eutrophisation (voir les chapitres 3 et 4). Les algues se multiplient rapidement dans les eaux eutrophes et, lorsqu'elles meurent, leur décomposition désoxygène l'eau et tue les poissons, les plantes et d'autres formes de vie aquatique.

Bien que le phosphore et le potassium soient présents dans une grande variété d'effluents industriels, l'eau de ruissellement des terres agricoles, qui renferme des résidus d'engrais chimiques et de fumier, de même que les eaux d'égout urbaines contribuent considérablement à la charge nutritive. Jusqu'au début des années 1970, les détergents à lessive phosphatés étaient probablement la principale source de pollution par les éléments nutritifs et ils ont joué un rôle important dans l'eutrophisation du lac Érié au cours des années 1960. Les rejets de phosphates ont été grandement limités : on a réduit la teneur en phosphates des détergents et l'on a commencé à les éliminer des effluents urbains.

L'apport de l'industrie

Même si les renseignements sur la pollution de l'eau due à des installations données sont souvent plus détaillés que les renseignements sur les émissions, les comparaisons quantitatives entre les rejets industriels et ceux d'autres sources sont difficiles. Toutefois, il est évident que, même si les usines peuvent grandement contribuer à cette pollution, leur apport collectif n'est pas plus grand, toutes proportions gardées, que celui d'autres sources. Les eaux ménagères, l'agriculture et les moyens de transport ont eu des effets marquants sur la qualité de l'eau. De plus, beaucoup de secteurs industriels sont devenus moins polluants au cours des 20 dernières années : la DBO et les rejets de matières en suspension, de produits toxiques réglementés, d'éléments nutritifs et de la plupart des autres polluants sont généralement très inférieurs à ce qu'ils étaient au début des années 1970. Toutefois, comme il ressort de données récentes recueillies en Ontario, cette amélioration générale masque l'inégalité des efforts antipollution entre les entreprises et les usines. Certaines ont fait de grands progrès mais beaucoup ne se conforment pas encore entièrement aux normes actuelles de rejet (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1991). Il subsiste

---

ENCADRÉ 14.1

Le traitement des déchets liquides urbains

Au Canada, la plupart des collectivités traitent leurs eaux résiduaires. On compte jusqu'à trois niveaux de traitement, de plus en plus complexes. Le traitement primaire comprend seulement la décantation et la clarification. Le traitement secondaire diminue la demande biochimique en oxygène (DBO) : l'aération des eaux brutes favorise la croissance de micro-organismes qui transforment la matière organique en dioxyde de carbone et en boue. Le traitement tertiaire élimine certaines matières en dissolution, notamment le phosphore. Le choix des procédés — chimiques, mécaniques ou biologiques — dépend des matières à éliminer.

La plupart des traitements visent la réduction de la DBO ainsi que la teneur en matières en suspension et en phosphore à un seuil acceptable pour le rejet de l'effluent dans un cours d'eau. Lorsque les eaux réceptrices sont très vulnérables, on peut également éliminer les composés de l'ammoniac et de l'azote.

des « points chauds » au voisinage de certains émissaires industriels (voir les chapitres 16 et 18).

LES DÉCHETS DANGEREUX

Les déchets dangereux menacent la santé ou l'environnement et ils exigent des techniques spéciales d'élimination pour être neutralisés en tout ou en partie. À titre d'exemples, citons les acides provenant des ateliers métallurgiques, les liqueurs caustiques usées de la fabrication de pâtes et papiers et les résidus du raffinage du pétrole. Ces mélanges renferment une énorme variété de substances dangereuses, y compris des phénols, de l'arsenic, du plomb, du mercure et des HAP. Certains déchets renferment des substances toxiques qui, tels les BPC, les dioxines et les furanes, subsistent longtemps dans l'environnement et sont nuisibles même à de très faibles concentrations.

L'apport de l'industrie

L'industrie canadienne est, et de loin, la première source de déchets dangereux : elle aurait produit 8 millions de tonnes de ces déchets en 1986. Les consommateurs canadiens font également leur part en mettant au rebut peintures, solvants, vieilles piles et batteries, pesticides, produits de nettoyage et autres produits ménagers. On évalue à 2,5 kg la quantité de déchets dangereux produite annuellement au Canada par chaque consommateur moyen (Commission d'enquête sur les déchets dangereux, 1990). À l'échelle nationale, cela représente plus de 60 000 t de déchets dangereux, ou 1 % seulement de la contribution de l'industrie. Les déchets biomédicaux constituent un autre type de déchets dangereux réglementés, mais à 8 300 à 31 300 t/an, ils représentent moins de 0,5 % de tous les déchets dangereux.

Malgré les progrès sensibles dans la réduction de nombreuses pollutions industrielles de l'air et de l'eau, le cas des déchets dangereux s'aggrave probablement. Les provinces les plus industrialisées produisent le plus de déchets dangereux : l'apport de l'Ontario représentait 59 % du total national en 1986 et celui du Québec, 21 %.

Si les déchets dangereux sont devenus, ces dernières années, un problème environnemental aussi important, c'est que, entre autres raisons, ils ont été très mal gérés dans le passé. Jusqu'à une époque relativement récente, les déchets très toxiques étaient souvent jetés dans des décharges non étanches et les sites industriels désaffectés étaient souvent abandonnés sans être suffisamment décontaminés. Ces endroits ont provoqué de graves problèmes. Des déchets toxiques mal entreposés, du côté américain de la rivière Niagara, sont maintenant l'une des principales sources de pollution du lac Ontario. S'échappant de récipients de stockage qui fuient et s'infiltrant jusque dans les eaux souterraines, ces déchets sont un véritable brouet de sorcière constitué de produits chimiques redoutables comme les pesticides organochlorés et les BPC. C'est à cause de la contamination provenant d'un de ces emplacements, celui de Love Canal, que plus de 1 000 familles ont dû abandonner leur foyer à la fin des années 1970. Au Canada, l'élimination négligente de déchets peu radioactifs dans la région de Port Hope, en Ontario, au cours des années 1940, a aussi entraîné l'abandon ultérieur de quartiers résidentiels.

On estime à 1 000 le nombre de sites contaminés au Canada. De 3 à 5 % d'entre eux sont « orphelins », sans propriétaire ou responsable connu (T. Foote, Environnement Canada, communication personnelle). Leur décontamination revêt une certaine urgence. En octobre 1989, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a annoncé un programme de réhabilitation des lieux à risque élevé. Lorsqu'on aura trouvé les responsables de leur contamination, ceux-ci devront acquitter les frais de leur dépollution; toutefois, l'État devra se charger des lieux orphelins.

L'élimination des déchets dangereux

De nos jours, on cherche à éviter la contamination du milieu en procédant à la destruction ou à la détoxication des déchets dangereux, puis en éliminant leurs résidus de façon sécuritaire. Quant aux substances qui ne peuvent pas être neutralisées, comme les déchets très radioactifs, on s'attache plus sérieusement à leur élimination. On favorise actuellement l'enfouissement profond dans des formations rocheuses stables.

Beaucoup de déchets dangereux peuvent être détoxiqués à la source au moyen de méthodes aussi simples que la filtration et la neutralisation chimique. Les liquides caustiques, par exemple, peuvent être neutralisés en toute sécurité par des acides et donner une simple solution aqueuse de sels. Des déchets comme les huiles se prêtent à la dégradation par les micro-organismes. D'autres déchets qu'il est impossible d'éliminer par ces procédés peuvent être détruits par l'incinération contrôlée à haute température, la solution la plus efficace dans le cas des substances toxiques rémanentes comme les BPC et les pesticides organochlorés. L'opération est assujettie à des normes rigoureuses d'efficacité, cette dernière étant fixée à 99,9999 % de destruction pour les déchets de BPC.

En 1986, environ 65 % des déchets dangereux au Canada étaient traités sur place, c'est-à-dire sur les lieux de leur production (Environnement Canada, 1986). Les petites entreprises qui ne pouvaient pas se payer leur propre installation d'élimination ainsi que les entreprises dont les déchets exigeaient une élimination très coûteuse choisissaient habituellement de les faire traiter à l'extérieur (voir l'encadré 14.2), où les coûts pouvaient être partagés entre plusieurs utilisateurs.

Bien que le traitement à l'extérieur soit souvent la seule solution pratique, il comporte des risques supplémentaires pour l'environnement. Ces risques découlent de la nécessité d'entreposer les déchets dans l'attente du traitement, puis de les transporter vers l'installation d'élimination. Les déchets entreposés peuvent pénétrer accidentellement dans l'environnement, à la faveur de fuites, de déversements et d'incendies. En 1988, l'incendie d'un entrepôt de déchets de BPC à Saint-Basile-le-Grand, près de Montréal, qui a entraîné l'éva-

cuation de 3 500 personnes, est un rappel éloquent de ces dangers.

Le risque de déversement accidentel est encore plus grand durant le transport des déchets dangereux que durant l'entreposage. Comme ces déchets sont considérés comme des marchandises dangereuses, ils tombent sous le coup de la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* si le transporteur doit sortir de la province ou du pays, ou sous le coup des règlements provinciaux si le transporteur ne sort pas du pays. En plus de comporter des exigences précises à l'égard du matériel, des marches à suivre, de la formation de personnel et des préparatifs d'urgence, ces règlements requièrent des expéditeurs qu'ils fournissent des documents permettant aux autorités de suivre le déplacement du chargement tout au long du trajet. Si les déchets n'arrivent pas à destination, les autorités sont avisées de ce fait. Les producteurs de déchets dangereux sont responsables de la manutention adéquate de ces matières à toutes les étapes.

Les importations et les exportations de déchets dangereux constituent une partie limitée mais importante de ces envois. Près de 300 000 t de ces déchets ont franchi la frontière canado-américaine en 1990, un peu plus (6 700 t) vers le Canada que vers les États-Unis (figure 14.8). Ces dernières années, les envois vers ce pays ont considérablement augmenté, ce qui est peut-être révélateur du plus grand nombre d'installations de traitement que l'on y trouve. De plus, les envois transfrontières représentent peut-être de plus courts trajets et présentent donc moins de risques. Les envois d'une province à l'autre se fondent sur les mêmes motifs.

Comme les coûts de l'élimination augmentent parallèlement à la rigueur des règlements en Amérique du Nord, certains producteurs pourraient être tentés de trouver des solutions moins coûteuses dans des pays où les règlements sont moins rigoureux, mais qui sont peut-être incapables de gérer les déchets de façon sécuritaire. Pour assurer une meilleure surveillance internationale de ces chargements, la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination uniformisera les marches à suivre par les différents pays lorsque des déchets dangereux franchiront des frontières. La convention prévoit un avis et un consentement écrit préalables à l'envoi des déchets dangereux, une assurance-responsabilité pour la protection des exportateurs, des importateurs et des transporteurs, l'établissement de

Pas dans ma cour : le problème des installations permanentes de traitement des déchets

À l'heure actuelle, notre production de déchets dangereux excède notre capacité de les éliminer, et les déchets non traités s'accumulent dans les dépôts. Le nœud du problème : le manque d'installations permanentes capables de traiter les déchets les plus difficiles à gérer. L'industrie et la société en général ont mis du temps à reconnaître ce besoin et à y réagir. De fait, la première installation de traitement intégré des déchets dangereux au Canada n'a ouvert ses portes qu'en septembre 1987, à Swan Hills, en Alberta.

Des installations semblables sont projetées pour d'autres régions du Canada, mais le choix des emplacements a souvent été rendu plus difficile et a même été retardé par suite de l'opposition des résidants. Bien que les dangers réels de ces installations soient faibles, les gens craignent que la présence de produits toxiques n'entraîne de catastrophes écologiques dans leur quartier et ils sont peu disposés à s'accommoder du risque, même lorsqu'ils reconnaissent les avantages de ces installations pour la société (Connor, 1990).

On choisit ordinairement l'emplacement des sites d'élimination en fonction de considérations techniques : proximité des centres industriels, innocuité pour l'environnement, etc. Même si la population est invitée à exprimer ses préoccupations lorsqu'un site convenable a été trouvé, la décision d'y construire l'installation est habituellement considérée comme un fait accompli. Les gens en viennent souvent à se méfier des porte-parole officiels et mettent tous leurs espoirs de modifier le cours des événements dans une vigoureuse campagne de protestation (Armour, 1988).

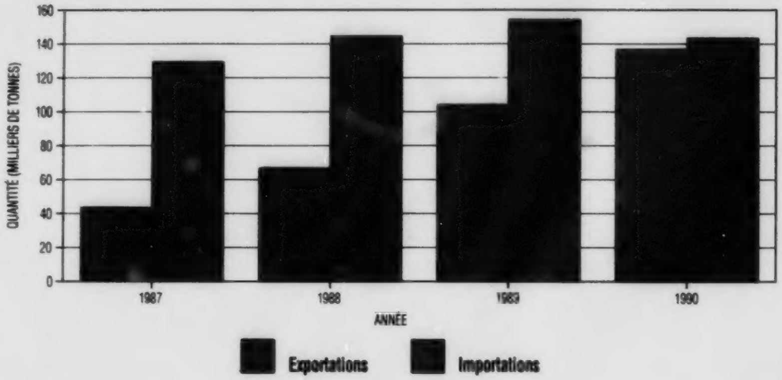
En Alberta, on a imaginé une méthode plus efficace et l'Alberta Waste Management Corporation l'a utilisée pour le choix de Swan Hills. Ainsi, on rejette d'abord les emplacements qui ne conviennent pas à ce type d'installation, à la lumière de critères techniques et écologiques. On demande ensuite aux conseils municipaux des localités acceptables s'ils veulent que d'autres évaluations soient faites des sites retenus. Ces évaluations terminées, les conseils sont invités à présenter des propositions pour le choix de l'emplacement dans leur localité. Dans le cas de Swan Hills, cinq collectivités ont répondu positivement et toutes ont cherché à connaître la réaction du public à la proposition. Cette démarche a un double avantage : elle laisse les collectivités libres de décider si elles veulent une installation d'élimination et elle mène à un processus de sélection plus rapide et moins contentieux (Champion, 1990).

L'agrandissement d'installations privées offre un autre moyen d'augmenter notre capacité de traitement des déchets dangereux. Ces travaux suscitent moins d'opposition que la construction de nouvelles installations au sein de collectivités qui ne connaissent pas encore l'élimination des déchets dangereux.

Pendant que l'on continue de discuter de l'emplacement de nouvelles installations permanentes, le gouvernement fédéral s'est tourné vers les incinérateurs mobiles pour résoudre le problème des déchets renfermant des BPC répartis dans quelque 3 000 dépôts partout au Canada. En transportant les incinérateurs là où le volume des déchets justifie leur mise en service, on réduit au minimum les risques d'accidents de transport. En outre, comme les incinérateurs demeurent dans une région pendant quelques mois seulement, le public réagit plus favorablement à leur présence.

FIGURE 14.8

Mouvements transfrontières des déchets dangereux, 1987–1990



Source : Environnement Canada, selon les renseignements fournis par les provinces.

TABLEAU 14.2

Élimination des déchets dangereux (en tonnes)

Méthode d'élimination	Québec		Ontario		Alberta[a]		Colombie-Britannique	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Entreposage	45 000	45 000	253 358	278 215	0	0	7 781	14 587
Incinération			64 445	45 141	3 834	3 798	3 694	6 803
Traitement chimique/physique	—	—	—	—	102	87	2 886	6 279
Épuration biologique	—	—	466 667	605 145	—	—	635	729
Décharge étanche	100 000	100 000	274 668	242 356	27 587	8 042[b]	4 152	2 217
Recyclage	—	—	226 701	211 686	7 981	28 905	14 093	17 017
Réutilisation (distillation, etc.)	—	—	—	—	—	—	—	—
Devenir inconnu	—	—	—	—	—	—	84 848	102 207
Total	**145 000**	**145 000**	**1 442 941**	**1 580 478**	**39 504**	**40 832**	**136 611**	**170 761**

[a] Ces données ne comprennent pas les déchets dangereux traités ou éliminés à l'usine ni les déchets dangereux associés au forage de puits et à la production de pétrole brut et de gaz naturel.

[b] L'amiante a été soustrait du système albertain des manifestes relatifs aux déchets en 1990, ce qui explique en partie la baisse importante de déchets évacués dans des décharges étanches.

Sources : Communications personnelles de : G. Legault, ministère de l'Environnement du Québec; F. Jager, ministère de l'Environnement de l'Ontario; S. Lupul, ministère de l'Environnement de l'Alberta; K. Hicke, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique.

comptes rendus ainsi que le retour à l'expéditeur des envois qui ne peuvent pas être traités. Un nouveau règlement sur le contrôle de l'exportation et de l'importation de déchets dangereux, qui devrait être promulgué en 1992, permettra au Canada de ratifier la Convention de Bâle.

Les exigences plus strictes en matière de traitement peuvent également inciter les expéditeurs sans scrupules à se débarrasser de leurs déchets illégalement. À l'heure actuelle, une quantité incroyablement élevée de déchets dangereux échappe à la filière normale, soit à cause d'une mauvaise gestion, soit à cause du non-respect délibéré des règlements. Dans une étude récente faite au Québec, par exemple, on n'a pas pu retracer près du tiers des déchets expédiés à l'extérieur des usines pour être traités ailleurs dans la province (Commission d'enquête sur les déchets dangereux, 1990). Nul doute que certains de ces déchets contaminent l'environnement, mais comme on ne sait pas où ils sont, aucune mesure corrective ne peut être prise. La situation présente un risque considérable de très graves problèmes pour l'environnement et la santé, et des mesures beaucoup plus strictes seront nécessaires si l'on veut que tous les déchets dangereux soient éliminés sans danger.

La réduction et le recyclage des déchets dangereux

Beaucoup d'ennuis pourraient être évités si nous arrivions d'abord à réduire notre production de déchets dangereux. La production de certains déchets peut être considérablement réduite ou même complètement éliminée si l'on modifie les procédés de fabrication ou si l'on utilise des produits chimiques de remplacement. D'autres déchets peuvent être réutilisés, soit tels quels, soit après traitement. Selon une étude, la moitié des déchets dangereux produits au Canada en 1986 se prêtaient très bien au recyclage (Environnement Canada, 1986). Toutefois, les industries tardent à saisir l'occasion, faute de se rendre compte des possibilités du recyclage ou de consentir les investissements nécessaires à sa mise en œuvre. En Ontario, moins de 15 % des déchets traités à l'extérieur des usines sont récupérés ou recyclés (tableau 14.2). On constate toutefois des signes encourageants : en Alberta, par exemple, le volume des déchets recyclés a augmenté de 350 % de 1989 à 1990.

Une pratique s'annonce prometteuse pour accroître le recyclage : l'échange de déchets entre les producteurs et les utilisateurs éventuels. Le gouvernement fédéral et la plupart des gouvernements provinciaux appuient activement de tels échanges, appelés bourses de déchets, par le biais de programmes où l'offre et la demande de déchets sont assortis. Bien que ces bourses ne représentent qu'une petite fraction des déchets traités à l'extérieur des usines, leur croissance s'avère prometteuse (tableau 14.3). Le règlement projeté sur l'exportation et l'importation sous le régime de la *Loi*

sur le transport des marchandises dangereuses vise à faciliter le recyclage en assujettissant les déchets dangereux destinés au recyclage à de nouvelles règles. Les gouvernements fédéral et provinciaux se sont engagés à réduire de moitié le volume des déchets dangereux produits en 1988 d'ici la fin du siècle.

Un début de solution

Malgré ses progrès convaincants dans la réduction des émissions de nombreux polluants de l'air et de l'eau, l'industrie n'a certainement pas montré autant d'efficacité sur le plan des déchets dangereux. Or, ces derniers, contrairement aux polluants de l'air et de l'eau, constituent un problème presque exclusivement industriel dont la solution passe par la modification des pratiques industrielles, notamment la réduction des déchets produits et un recyclage plus poussé. Les gouvernements peuvent aider en mettant en place une infrastructure pour la gestion des déchets dangereux et en assurant l'application des règlements sur leur élimination. L'industrie semble vouloir réagir. L'Association canadienne des fabricants de produits chimiques, par exemple, vient de faire adhérer ses membres à un plan de gestion intégrale des produits chimiques (voir le chapitre 21), de la conception à la mise en décharge. Toutefois, toutes ces mesures, et d'autres encore, ne porteront fruit que dans quelques années.

LA PERFORMANCE DE L'INDUSTRIE : QUELQUES ÉTUDES DE CAS

Le raffinage du pétrole

En 1987, les 29 raffineries du Canada traitaient en moyenne 248 000 m³ de pétrole brut par jour (Losier, 1990). Le secteur produit de nombreux types de polluants de l'air et de l'eau ainsi que des déchets solides.

Les polluants atmosphériques les plus couramment libérés par les raffineries sont le monoxyde de carbone, les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, les matières particulaires et les hydrocarbures. Parmi les émissions mineures de substances nauséabondes, citons l'hydrogène sulfuré, les mercaptans, les aldéhydes, l'ammoniac et les composés phénoliques. Comme il est indiqué à la figure 14.9, les émissions de toutes ces substances ont, pour la plupart, considérablement diminué depuis 1978.

Les eaux résiduaires peuvent être contaminées par le pétrole brut et les catalyseurs acides et par un assortiment ahurissant d'agents chimiques de raffinerie, y compris la soude caustique, les acides sulfurique et phosphorique, les amines, le sulfolane, le furfural, les glycols, l'ammoniac, les détergents, les sels nutritifs destinés à l'épuration biologique et les additifs pour casser les mousses, inhiber la corrosion et traiter l'eau. Des produits de réaction et des additifs tels que les inhibiteurs de corrosion, les antidétonants et les antigivres peuvent aussi se retrouver dans les égouts des raffineries.

TABLEAU 14.3

Matières confiées aux bourses de déchets dangereux (en tonnes)

Type de déchets dangereux	Canada[a]		Ontario[b]		Manitoba[b]		Alberta[b]	
	AI 1988/89	AI 1989/90	1988/89	1989/90	1989	1990	1989	1990
Total[c]	**236 750**	**249 382**	**1 021**	**2 367**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**	**N.D.**
Acides/bases	15 197	18 834	197	54	0	0	1 607	1 809
Déchets organiques/inorganiques	4 848	6 808	521	43	21,1	18,9	614	2 120
Huiles/graisses, cires	33 630	36 394	34	101	3,7	95	N/A	N/A
Métaux/boues contenant des métaux	17 594	18 552	269	2 169	0	0	900	N/A

[a] Année financière (1er avril au 31 mars)

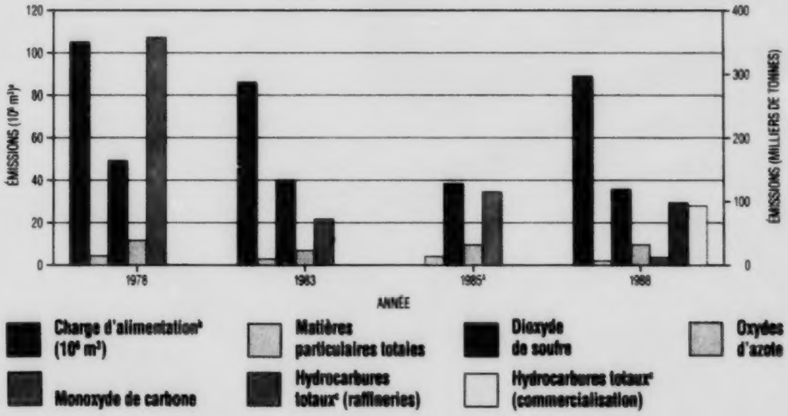
[b] Estimations très prudentes, basées sur un ensemble de données incomplètes (N.D. = non disponible). Les déchets associés au forage de puits et à la production de pétrole brut et de gaz naturel ne sont pas définis comme dangereux en Alberta.

[c] Ne comprend pas la bourse de déchets dangereux de la Colombie-Britannique.

Sources : Communications personnelles de : R. Laughlin et L. Varangu, Ortech International; B. Candlish, Institut de l'énergie biomasse inc.; W.C. Ray, Alberta Research Council.

FIGURE 14.9

Estimations des émissions des raffineries de pétrole au Canada



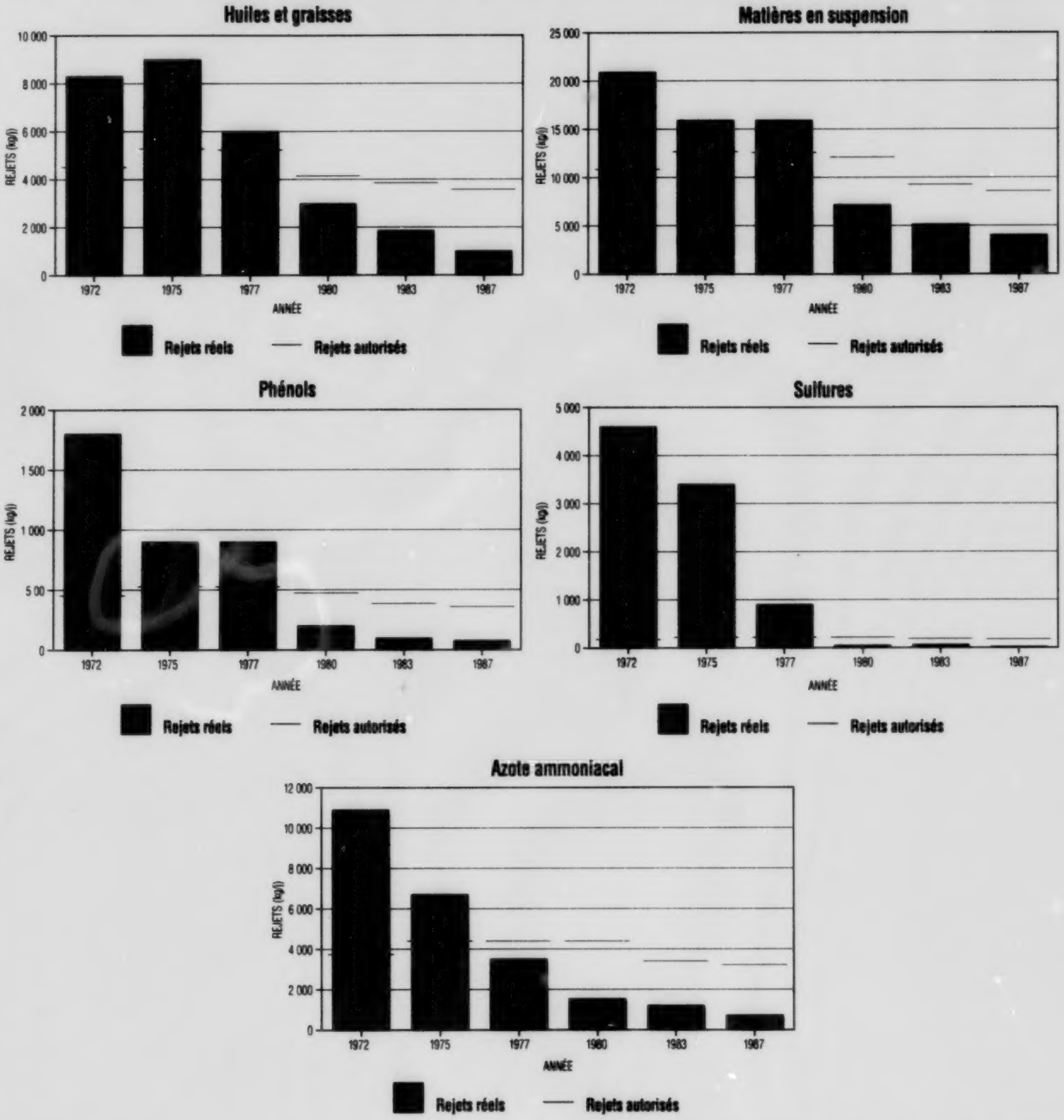
[a] Estimations établies par Environnement Canada à l'aide de la méthode mise au point en 1983 par l'Association pétrolière canadienne et des données fournies par les provinces.

[b] Données tirées de l'étude sur la réduction des oxydes d'azote menée par Padgett Process Services (comprend 4,7 kt servant au craquage catalytique).

[c] Aucune donnée fiable avant 1988.

FIGURE 14.10

Moyenne annuelle des rejets des raffineries de pétrole au Canada, 1972–1987



Source : Losier, 1990.

Les principaux contaminants des effluents de raffinerie sont les huiles et les graisses, les matières en suspension, les phénols, les sulfures et l'azote ammoniacal. Comme il est indiqué à la figure 14.10, les raffineries canadiennes ont amélioré de beaucoup la gestion de ces déchets, et les rejets ont connu une baisse spectaculaire de 1972 à 1987. À l'heure actuelle, 81 % d'entre elles soumettent leurs effluents à un traitement secondaire ou tertiaire (Losier, 1990).

Les boues se déposent dans les réservoirs, tandis que les autres déchets solides proviennent des catalyseurs épuisés et de l'alumine, de l'argile et du sable utilisés dans les filtres. Les boues peuvent contenir des composés volatils tels que le benzène, le toluène et l'éthylbenzène ainsi que des phénols et des HAP. Des métaux, y compris le fer, le chrome, le plomb, le mercure, le zinc, le cuivre et le vanadium, peuvent aussi être présents en traces. Environ 30 % de ces déchets sont réutilisés ou recyclés, 36 % sont mis en décharge, 18 % sont envoyés à l'épandage, 7 % sont incinérés, 1 % sont injectés dans des puits profonds; le reste est éliminé au moyen de diverses autres méthodes.

L'industrie chimique

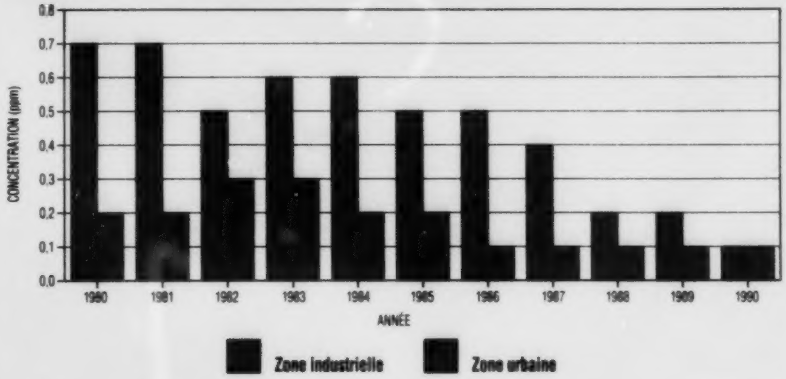
L'industrie chimique est de loin l'industrie la plus complexe au Canada, car elle fabriquerait ou importerait 21 400 produits. Sa branche la plus importante (60 % de toute sa production) est la pétrochimie. Environ 50 % de la production pétrochimique se trouve en Alberta et 35 %, en Ontario.

Beaucoup de matières premières, de produits intermédiaires, de produits finals et de déchets de cette industrie sont gazeux ou volatils et peuvent facilement s'échapper dans l'atmosphère à la faveur de fuites et de rejets accidentels ainsi que par les cheminées d'usines. Les composés organiques volatils constituent une fraction importante de ces émissions. Selon une enquête effectuée en 1988, l'industrie chimique en rejette quelque 35 000 t/an (Environnement Canada, 1990*a*).

La diversité des matières premières et des procédés de l'industrie se reflète dans la variabilité de la composition des eaux résiduaires. Un large éventail de polluants — classiques ou toxiques rémanents — provienent des matières premières, des réactifs, des produits et des sous-produits et se présentent dans une vaste gamme de concentrations. Parmi les polluants classiques, citons les acides, les bases, les matières en suspension, les huiles et les graisses, le carbone organique et l'azote. Les polluants toxiques comprennent les métaux, les phénols, les hydrocarbures chlorés et les HAP.

FIGURE 14.11

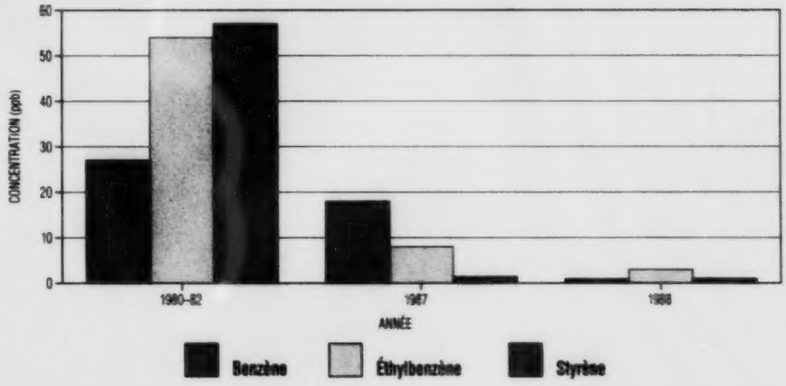
Moyenne annuelle des concentrations d'hydrocarbures non méthaniques, à Sarnia (Ontario), 1980–1990



Source : Lambton Industrial Society, 1990; Lambton Industrial Society, communication personnelle.

FIGURE 14.12

Matières organiques choisies trouvées dans la chair des poissons de la rivière St. Clair, 1980–1988



Remarque :

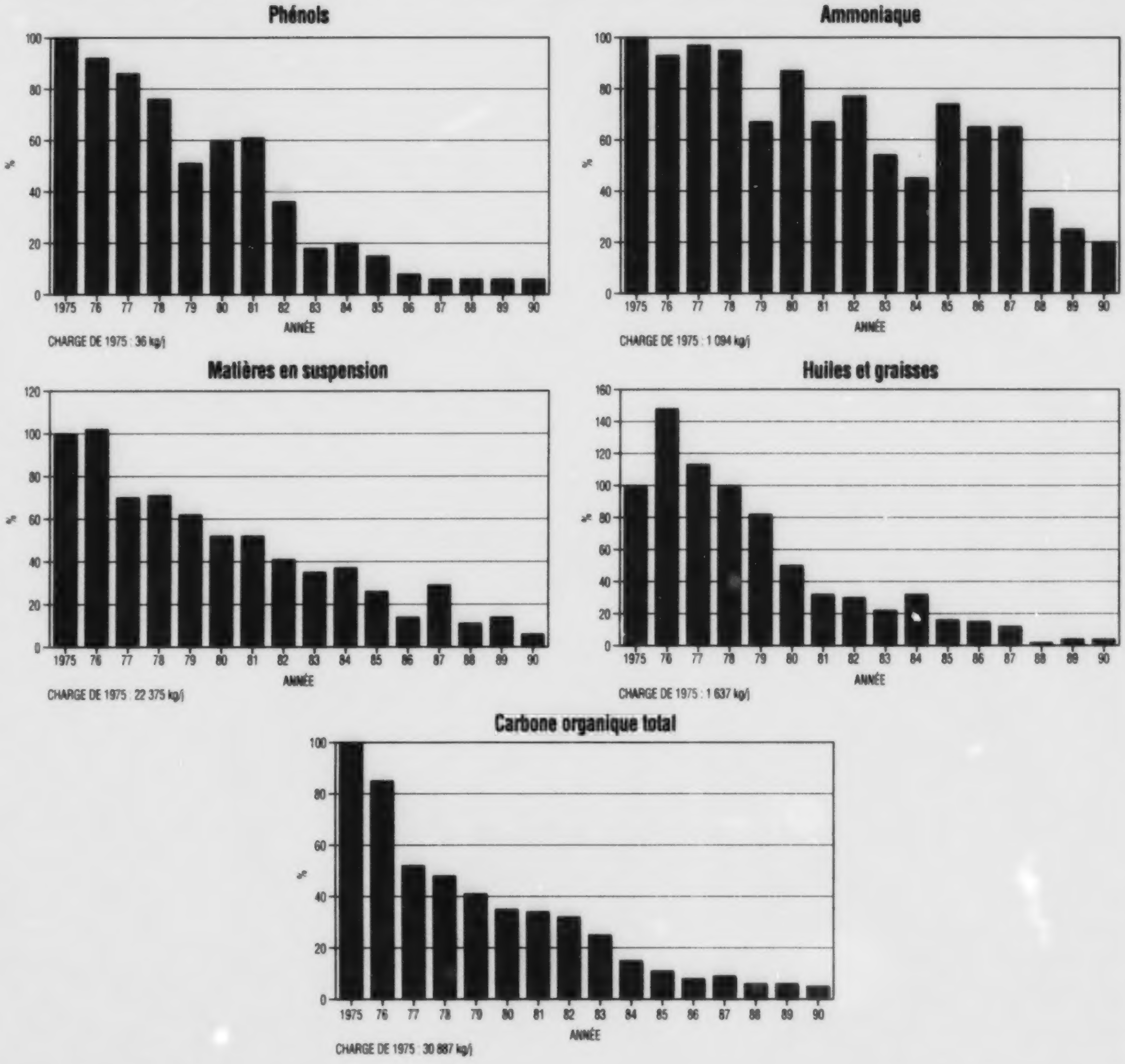
	1980–1982	1987	1988
Nombre de poissons échantillonnés	18	10	10
Temps d'exposition moyen de la rivière	24 h	8,3 mois	15,5 mois

Source : Lambton Industrial Society, 1990.

L'industrie chimique s'est efforcée de réduire ses émissions et ses rejets. Depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970, chaque usine a atténué ses effets sur le milieu environnant, ce que traduisent les divers indicateurs de la région de Sarnia, un des grands centres du raffinage et de la pétrochimie au pays. Au cours des années 1980, les concentrations d'hydrocarbures non méthaniques ont baissé de près des deux tiers dans la zone industrielle de Sarnia (où les émissions industrielles sont le plus importantes) (figure 14.11). La baisse est également visible par la très forte diminution des concentrations de certaines matières organiques mesurées dans le tissus des poissons capturés dans la localité (figure 14.12). La figure 14.13

FIGURE 14.13

Rejets industriels de polluants de l'eau surveillés régulièrement dans la région de Sarnia, en Ontario



Source : Lambton Industrial Society, 1990.

montre une réduction semblable des quantités de phénols, d'ammoniaque, d'huiles et de graisses, de matières en suspension et de carbone organique total rejetées par les industries locales dans leurs eaux résiduaires.

Les pâtes et papiers

L'industrie des pâtes et papiers, l'une de nos industries les plus importantes, est présente partout sauf à l'Île-du-Prince-Édouard.

Elle consomme beaucoup d'eau, 100 m^3 en moyenne pour chaque tonne de papier, quoique la quantité réellement consommée dépende du procédé de fabrication. Cela conduit à un volume imposant de déchets liquides, qui renferment des fibres ligneuses, des matières finement divisées ainsi qu'un mélange complexe de composés dérivés du bois et des agents chimiques utilisés dans les procédés de fabrication.

Outre sa demande biochimique en oxygène élevée et sa forte teneur en matières en suspension, l'effluent final peut renfermer des résines, des acides gras et des composés soufrés qui sont extrêmement toxiques pour le poisson. Les usines pratiquant le blanchiment de la pâte au chlore sont reconnues pour rejeter dans leurs eaux résiduaires des dioxines et des furanes. Les rejets annuels totalisent à peine 100 à 150 g de 2,3,7,8-TCDD et 2 000 à 3 000 g de 2,3,7,8-TCDF (Environnement Canada et Santé et Bien-être social Canada, 1990), mais il y a tout lieu de s'inquiéter de la forte toxicité de ces substances. En 1990, ces usines étaient au nombre de 47 (Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990). On vient de promulguer, en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, un règlement qui exige la modification du procédé de blanchiment d'ici 1993 afin de prévenir la formation de dioxines et de furanes.

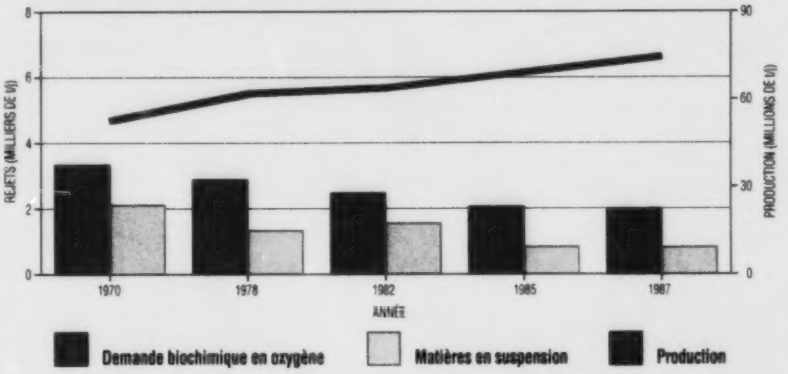
En 1991, sur les 155 usines de pâtes et papiers du Canada, 125 rejetaient leurs effluents directement dans l'environnement aquatique plutôt que dans le réseau d'égout municipal. Malgré l'accroissement de la production, ces usines ont grandement amélioré la qualité de leurs effluents. Les rejets de matières en suspension sont passés de 2 106 à 816 t/j de 1978 à 1985, pendant que la DBO des rejets passait de 3 337 à 1 961 t/j (figure 14.14). Un nouveau règlement fut adopté en 1991 en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* exige des réductions supplémentaires de ces polluants.

Bien que les usines de pâtes et papiers aient toujours recyclé leurs propres déchets de papiers, nombreuses sont celles qui recyclent maintenant le vieux papier : 40 cartonneries sur 110 dépendent de ce papier comme matière première.

Les usines de pâtes et papiers ont réussi à améliorer la qualité de leurs effluents liquides, mais elles ont eu moins de succès pour ce qui est des polluants atmosphériques. Les émissions soufrées malodorantes, perceptibles à 50 km ou plus à la ronde, font particulièrement problème. Comme il est indiqué à la figure 14.15, les émissions de polluants courants de l'industrie ont augmenté graduellement entre 1970 et 1986, à l'exception des émissions de dioxyde de soufre. En général, cette augmentation traduit celle de la production (Sinclair, 1990).

FIGURE 14.14

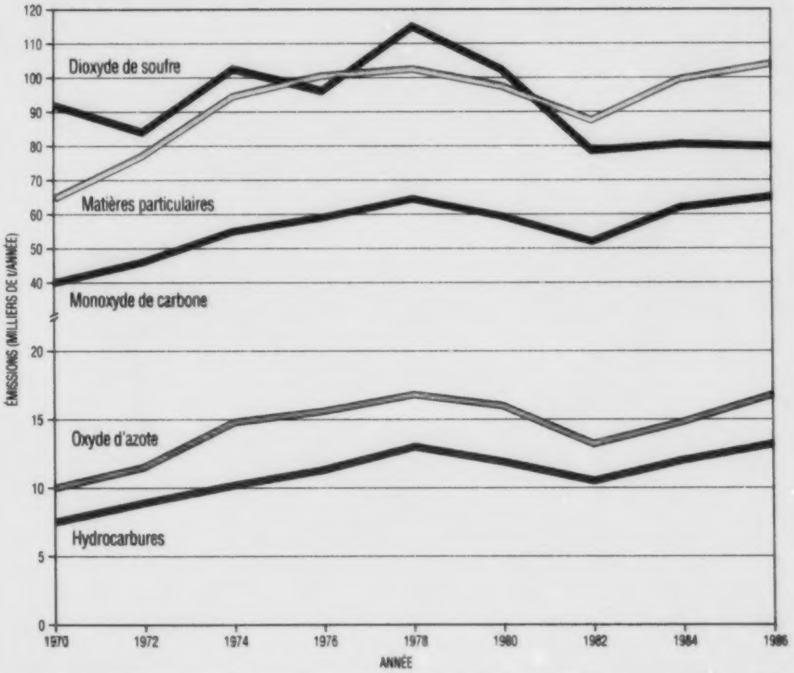
Rejets des usines de pâtes et papiers au Canada, 1970–1987



Source : Environnement Canada, Direction des programmes industriels.

FIGURE 14.15

Émissions annuelles estimatives de polluants atmosphériques courants provenant de l'industrie des pâtes et papiers, 1970–1986



Source : Sinclair, 1990.

ENCADRÉ 14.3

Les consommateurs et la pollution

Il est facile de jeter la pierre à l'industrie et de lui imputer le gros de nos problèmes de pollution. Or une part importante des responsabilités revient aux consommateurs. Non seulement la production reçoit son impulsion de la demande, mais les consommateurs eux-mêmes contribuent directement à la pollution de l'air et de l'eau ainsi qu'à la pollution par les déchets solides.

Les composés organiques volatils (COV), par exemple, sont largement utilisés comme solvants et comme véhicules pour les vernis à ongles, les parfums, les alcools à friction, les colles, les polis à meubles, les peintures à l'huile et les diluants et d'autres produits ménagers de même que pour les produits servant à l'entretien des véhicules. À eux seuls, les produits d'hygiène personnelle ont contribué au rejet de 22 000 t de COV, c'est-à-dire 4 % des 502 000 t émises par tous les solvants employés au Canada en 1988 (tableau 14.E1). La contribution des produits de nettoyage et des polis d'entretien ménager a été de 11 500 t (2 %); celle des produits d'entretien des véhicules, de 37 000 t (7 %); et celle des bombes aérosol et des propulseurs d'aérosol, de 11 000 t (2 %). Au total, 15 % de toutes les émissions de COV proviennent de produits de consommation utilisés par un ménage ordinaire. En outre, 14 000 t (3 %) des émissions de COV proviennent du nettoyage à sec, un autre service répondant à la demande. Même le jardinage contribue à la pollution par l'utilisation de pesticides, d'herbicides, d'engrais et d'autres produits chimiques.

Beaucoup de nos problèmes d'environnement découlent de la consommation. L'exemple le plus patent est donné par la voiture particulière, dont l'effet total sur l'environnement est absolument effarant. Voici, succinctement, les multiples répercussions de la voiture sur l'environnement depuis l'assemblage jusqu'à la casse.

Comme il est indiqué au tableau 14.E2, l'assemblage d'une voiture particulière ordinaire exige beaucoup de matières premières : fer, acier, cuivre, aluminium, caoutchouc, céramique, verre, tissus, plastiques, vinyles et autres produits. Quatorze pour cent de la production canadienne d'acier (2 millions de tonnes) est destinée à la fabrication des véhicules automobiles. L'élaboration de tous ces matériaux consomme d'énormes quantités d'énergie, de minéraux, d'eau et de produits pétroliers et résulte en une masse énorme de déchets, dont une grande partie est constituée de matières dangereuses (huiles et lubrifiants, acides, peintures et solvants).

Les voitures accaparent aussi des terres pour les routes, les parcs de stationnement et les matériaux routiers. Il s'agit souvent des meilleures terres agricoles, irremplaçables. En 1985, le Canada comptait 841 411 km de routes. Si l'on considère que même les artères ordinaires ont une emprise moyenne de 34 m, on se rend compte que la superficie occupée par les routes est considérable.

Les voitures brûlent du carburant pour le transformer en énergie. Ce faisant, elles polluent. Le total de la consommation d'énergie et des émissions de polluants dépend, en partie, du nombre de voitures sur la route et de la distance qu'elles parcourent. De 1970 à 1985, le parc automobile a augmenté de 70 % (Hilborn et Still, 1990). En 1990, chaque ménage canadien possédait 1,3 voiture (Statistique Canada, 1990) parcourant chacune 17 400 km par année, 2 100 km de plus qu'en 1979. De toute évidence, cet accroissement signifie que les véhicules automobiles ont consommé une proportion toujours plus grande des ressources pétrolières de notre pays. En 1958, les moyens de transport consommaient 48 % de l'énergie pétrolière du Canada; en 1986, ce taux s'élevait à 63 %, et 80 % de ce dernier était attribuable aux voitures et aux camions (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1988).

Selon les inventaires des émissions dressés à différentes dates entre 1985 et 1988, les voitures ont émis 37,2 % de tout le monoxyde de carbone d'origine anthropique au Canada, 26,2 % des composés organiques volatils, 22,6 % des hydrocarbures totaux, 20,0 % des oxydes d'azote, 10,3 % du dioxyde de carbone, 2,5 % des matières particulaires et 0,3 % du dioxyde de soufre (Tom Furmanczyk, Environnement Canada, communication personnelle; Jaques, 1990). De plus, les climatiseurs des voitures et des camions privés ont contribué à 7,9 % des émissions de CFC au Canada en 1988 (Environnement Canada, 1990*b*).

Les voitures constituent une source importante de déchets dangereux et de pollution de l'eau, surtout en raison du versage sauvage des huiles à moteur. En 1986, on estimait à 425 millions de litres le volume d'huiles usées contaminées produites au Canada, dont 70 % étaient utilisées ou éliminées de façon inacceptable pour l'environnement (Environnement Canada, 1986).

Depuis le milieu des années 1970, on s'est sérieusement efforcé de rendre l'automobile moins polluante. Pour abaisser la consommation de carburant, on a rendu les carrosseries plus petites et plus légères et l'on a augmenté le rendement des moteurs. Les émissions polluantes ont été considérablement réduites grâce aux pots catalytiques et à la modification de certaines propriétés chimiques des carburants, particulièrement par la réduction de leur volatilité et par la suppression des additifs à base d'alkyl-plomb. Ces améliorations ont permis de stabiliser certaines émissions ou même de les diminuer, en dépit du nombre croissant de véhicules.

TABLEAU 14.21

Estimations de l'utilisation des solvants et des émissions de composés organiques volatils (COV) (en milliers de tonnes) au Canada, 1988

Usage	Solvants utilisés[a]	Émissions de COV[b]
Peintures/revêtements	187,5	187,5
Colles/adhésifs/agents d'étanchéité	35	35
Impression	38,5	20
Dégraissage industriel	34	17,5
Nettoyage à sec	14	14
Produits de consommation		
Entretien des voitures	121	37
Produits de nettoyage/polis	11,5	11,5
Produits d'hygiène personnelle	22	22
Propulseurs pour aérosols	15	11
Pesticides	11	11
Autres :		
Industrie pharmaceutique et alimentaire	2,2	2
Extraction d'huiles naturelles	10	10
Photocopie	1	1
Décapants pour peinture	6	2
Préservation du bois	2	2
Produits chimiques utilisés dans les champs pétrolifères	18	18
Produits du caoutchouc	4,5	4,5
Raffinage du pétrole	1,5	1,5
Fabrication de polyoléfines	4,5	4,5
Agents de gonflement	10,2	–
Extraction minière	5,0	5
Calandrage	3,0	3
Industrie de l'électronique	1,0	–
Laminage des métaux	1,0	1
Réfrigérants	8,5	–
Traitement de l'eau	1,5	1,5
Divers	81	79,5
Totaux	**650,9**	**502**

[a] Résumé des estimations établies par P.G. Miasek, ESSO Chemicals Canada, fondées sur des renseignements déjà publiés. Les totaux ne comprennent pas les quantités de solvants qui, dans leur utilisation finale, servent de combustible ou de substance de transformation.

[b] Estimations des émissions de COV établies par Levelton & Associates et Environnement Canada. Les solvants non réactifs ne sont pas inclus dans les estimations des émissions. Lorsque les renseignements sur la réduction des émissions sont insuffisants, on présume que tous les solvants réactifs utilisés finissent par être émis.

Source : Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990.

CONCLUSIONS

Quelle est l'importance des sources industrielles de pollution dans les années 1990? Chose certaine, les industries ne sont plus les seules, ni même, dans bien des situations, les principales sources de pollution, comme au début du siècle. Depuis les années 1970, les industries ont en général réussi à être plus respectueuses de l'environnement, tandis que d'autres secteurs d'activité et les consommateurs ont été reconnus comme des agents de la pollution (voir l'encadré 14.3).

Les usines polluent beaucoup moins l'eau et l'atmosphère. On peut y voir l'effet d'un certain nombre de facteurs. L'adoption de lois et de règlements plus rigoureux y a sans aucun doute été pour beaucoup, sans reléguer les autres facteurs dans l'ombre. Dans certains cas, des stimulants économiques ont encouragé les fabricants à rendre leurs procédés plus efficaces, ce qui a été bénéfique pour l'environnement puisque ces procédés sont devenus moins polluants. En outre, devant une opinion de plus en plus sensibilisée à l'environnement, beaucoup d'industries ont constaté que l'on pourrait un jour leur reprocher d'avoir porté atteinte au milieu naturel si elles ne réduisaient pas mieux leurs émissions de polluants.

Sans être les grosses pollueuses qu'elles ont déjà été, les industries n'ont pas encore atteint la perfection. Il reste de la place pour l'amélioration dans certains secteurs. Les déchets dangereux, en particulier, exigent une gestion plus efficace et leur production doit être réduite considérablement. Les effluents doivent être surveillés de façon plus constante. Même si des améliorations majeures ont été apportées sur le plan de la pollution atmosphérique, il reste encore beaucoup de travail à faire.

La révolution industrielle nous a apporté beaucoup de bienfaits auxquels peu d'entre nous renonceraient volontiers. La société a reconnu que le coût de ces avantages, souvent obtenus au prix de la dégradation du milieu, est inacceptable. La tâche qui nous incombe consiste à garder ces bienfaits — ou, du moins, ceux que nous considérons comme les plus indispensables — tout en veillant à la pérennité de l'environnement. Les industries, jadis les pollueuses les plus visibles, ont commencé à accepter au cours des 20 dernières années leur responsabilité envers un environnement sain. Certaines ne sont pas toujours parvenues à cette conclusion de bon gré ou par altruisme, mais beaucoup ont été motivées par le pragmatisme. Il reste beaucoup de travail à faire, mais, à ce jour, les réalisations semblent montrer que l'industrie peut fonctionner en nuisant moins à l'environnement que par le passé.

TABLEAU 14.12

Matériaux nécessaires à la construction d'une voiture particulière ordinaire[a] (en kilogrammes)

Matériau	1977	1983	1985	1987	1989
Acier ordinaire au carbone	906,8	686,8	673,4	663,2	643,6
Acier haute résistance	56,8	94,1	98,9	103,6	106,4
Acier inoxydable	11,8	12,7	13,2	14,5	14,1
Autres aciers	25,5	24,1	24,8	25,2	21,4
Fer	245,5	215,5	212,7	209,1	208,6
Plastiques/composites	82,0	91,2	96,1	100,7	102,0
Fluides/lubrifiants	90,9	83,2	83,6	83,2	81,6
Caoutchouc	68,2	62,5	61,8	61,6	61,1
Aluminium	44,1	61,8	62,7	66,4	70,7
Verre	39,1	38,6	38,6	39,1	38,6
Cuivre (pièces mécaniques et accessoires électriques)	16,1	17,7	20,0	20,9	22,5
Pièces de zinc moulées sous pression	17,3	8,0	8,2	8,2	9,1
Pièces de métal fritté	7,0	8,2	8,6	8,9	9,8
Autres matériaux	60,7	46,8	46,1	40,0	37,7
Total	**1 671,8**	**1 451,2**	**1 448,7**	**1 444,6**	**1 427,2**

[a] Estimations fondées uniquement sur des modèles assemblés aux États-Unis et comprenant fourgonnettes et voitures familiales,

Source : Ward Communications, 1989.

OUVRAGES CITÉS

Armour, A. 1988. « Facility siting: a no-win situation? Part II. » *Canadian Environmental Mediation Newsletter*, 3(2) : 1–6.

Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. 1990. Rapport inédit. Montréal.

Champion, J.P. 1990. « Yes, in my backyard. » *Constructive Citizen Participation*, 18(2) : 3–6.

Commission d'enquête sur les déchets dangereux. 1990. *Les déchets dangereux au Québec*. Les Publications du Québec, Québec.

Connor, D.M. 1990. « Gestion du syndrome " pas dans ma cour " : principes et cas pour les gestionnaires de déchets. » Pages 1–8 dans : *Compte rendu : 12e conférence nationale sur la gestion des déchets*. Environnement Canada, St-Jean (Terre-Neuve).

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Plan de gestion des oxydes d'azote (NO_x) et composés organiques volatils (VOC)*. Phase I. Secrétariat NO_x/COV. Environnement Canada, Ottawa.

Dickens, C. 1854. « *Hard times.* » London: Household words. Version Française publiée sous le titre de *Les temps difficiles*. Le livre plastic. Nicholson et Watson. Paris.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1988. *Transportation energy data book*. 4e éd. T4A/5237T. Ottawa

Environnement Canada. 1986. *Report on the economic profile of the hazardous waste management subsections in Canada*. Rapport inédit. Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*a*. *Emissions of volatile organic compounds from selected chemical plants*. Document préparé par B.H. Levelton Associates Ltd. Direction des affaires réglementaires et de l'intégration des programmes, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*b*. *Canadian use pattern for chlorofluorocarbons (CFCs) and bromofluorocarbons (halons), 1988*. Rapport inédit. Direction des produits chimiques commerciaux, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada et Santé et Bien-être social Canada. 1990. *Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation no 1: dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés*. Ottawa.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique*. Rapport EDE no 90-1. Environnement Canada, Ottawa.

Jaques, A.P. 1990. *Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987)*. SPE 5/AP/2. Environnement Canada, Ottawa.

Lambton Industrial Society. 1990. *1990 Annual Report*. Sarnia, Ontario.

Losier, L. 1990. *Rapport environnemental sur l'industrie du raffinage du pétrole au Canada, 1987*. Environnement Canada, Ottawa.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1991. *Report on the 1989 industrial direct discharges in Ontario*. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, Toronto.

National Research Council. 1985. *Epidemiology and air pollution*. Document préparé par la Commission on Life Sciences. National Academy Press, Washington, DC.

Sinclair, W.F. 1990. *La lutte contre la pollution découlant de la fabrication de pâtes et papiers au Canada : perspective fédérale*. Environnement Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1990. *L'équipement ménager, 1990*. No de catalogue 64–202. Division des enquêtes des ménages, Statistique Canada, Ottawa.

Stokes, P. 1986. *Pathways, cycling, and transformation of lead in the environment*. Société royale du Canada, Commission d'étude du plomb dans l'environnement, Toronto.

Ward Communications, 1989. *Ward's automotive yearbook, 1989 edition*. Detroit.

REMERCIEMENTS

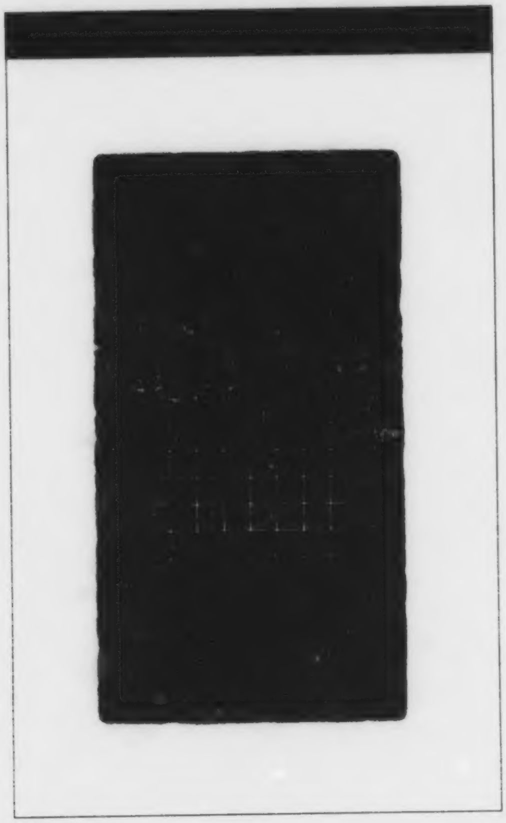
Ce chapitre est l'œuvre commune du personnel de l'État de l'environnement et de la Direction générale de la protection de l'environnement, Environnement Canada. Les principaux collaborateurs sont: Stewart Hay, expert-conseil (Ottawa) ainsi que Frank Vena et Lawrie Dwyer, Direction générale de la protection de l'environnement (Ottawa). Sheila McCrindle, État de l'environnement, a apporté son concours à cette réalisation, avec l'aide de Patricia Hayes et de Greg Shaw pour la recherche.

Parmi les autres collaborateurs, on compte des membres du personnel de la Direction générale de la protection de l'environnement (Ottawa), en particulier Tom Furmanczyk, Marc Deslauriers et Art Jaques, Division des inventaires de données sur la pollution; Scott Howarth et Hazen Thompson, Direction des produits chimiques commerciaux; Paul Topping, Direction de la gestion des déchets; Trevor Ruthman et Bernard Madé, Direction des programmes industriels. Notre gratitude va également aux personnes suivantes: Kelvin Hicke, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique; Linda Varangu, Ontario Waste Exchange; Kyle Cortichuk, ministère de l'Environnement et de la Sécurité publique de la Saskatchewan; David Ediger, ministère de l'Environnement du Manitoba; Foyoko Jager, ministère de l'Environnement de l'Ontario; Bill Kay, Alberta Waste Materials Exchange; et Silver Lupul, ministère de l'Environnement de l'Alberta. Nous les remercions tous pour leurs données utiles sur les déchets dangereux. L'Association canadienne des fabricants de produits chimiques (Ottawa) et la Lambton Industrial Society (Sarnia) ont également fourni des données et des commentaires.

Outre la révision assurée par des membres du Comité consultatif public sur l'état de l'environnement, une évaluation du chapitre a été effectuée à l'externe par Maria Kelleher, CH2M Hill Engineering Ltd. (Mississauga), Martin Hocking, Université de Victoria, et Jack Donnan, ministère de l'Environnement de l'Ontario (Toronto). Leurs contributions ont été un atout précieux pour l'amélioration du texte.

La coordination du chapitre a été confiée à Sheila McCrindle, État de l'environnement.

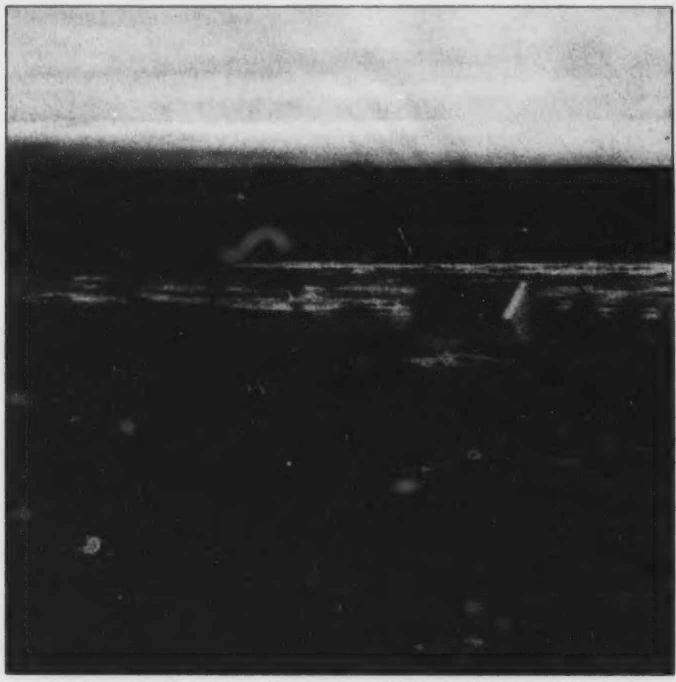
La version finale du chapitre a été rédigée par David Francis, avec la collaboration de Marla Sheffer.



PARTIE III

ÉTUDES DE CAS RÉGIONALES

15



GRACIEUSETÉ DE J.R. REID NEPEAN

POINTS SAILLANTS

En dépit de sa population clairsemée, l'Arctique connaît des problèmes localisés causés par les déchets provenant des collectivités et des industries minières, pétrolières et gazières. En outre, la plupart des substances se décomposent plus lentement dans les régions où les températures sont plus froides et où l'ensoleillement est moins intense.

■

Les hydrocarbures se dégradent lentement dans le froid arctique : en fait, la décomposition se fait de 10 à 25 fois moins vite à 5 °C qu'à 25 °C. En outre, comme la couverture de glace restreint l'étalement et l'évaporation des hydrocarbures, le biote et son habitat naturel peuvent être exposés pendant plus longtemps aux contaminants.

■

Nombre de métaux lourds et de composés organochlorés provenant des grandes régions industrialisées du globe font leur apparition dans l'Arctique. Les particules polluantes y sont transportées par la circulation atmosphérique, les cours d'eau et les courants marins et, une fois sur place, tendent à y être piégées pour des raisons géophysiques ayant trait principalement au froid. Ce transfert continu de polluants constitue la menace la plus sérieuse pour la qualité du milieu naturel arctique.

■

D'après les recherches, les concentrations de certains contaminants diminuent tandis que d'autres sont en hausse. Dans l'Arctique, l'évolution des contaminants provenant de sources éloignées peut servir d'indicateur de la vitesse et de l'amplitude de la progression de ces polluants dans l'environnement mondial.

■

La plupart des Inuit consomment de grandes quantités de gibier et accumulent ainsi dans leur organisme des substances toxiques produites par les pays industrialisés. Même si les « aliments locaux » consommés par les Inuit peuvent constituer un risque pour la santé, les éléments nutritifs qu'ils contiennent leur confèrent des propriétés bénéfiques.

■

Entre 1991 et 1997, on procédera, dans le cadre de la Stratégie de l'environnement arctique annoncée dans le Plan vert, à la surveillance de la pollution de l'eau et du transport à grande distance des contaminants et à l'évaluation des impacts sur l'écosystème nordique et sur l'alimentation des peuples autochtones, au nettoyage des dépotoirs ainsi qu'à la mise sur pied de programmes d'aide aux collectivités dans le but de concilier les objectifs économiques et environnementaux.

■

Sur le plan international, le Canada est signataire de plusieurs conventions et accords multilatéraux et bilatéraux destinés à protéger l'écosystème arctique et ses ressources.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 15-4

L'écosystème arctique 15-4
- Les limites géographiques 15-4
- Les milieux terrestre et marin 15-4
- Le biote arctique 15-5
- Les interactions à l'échelle du globe 15-6
- La vulnérabilité aux contaminants toxiques 15-6

Les pressions exercées par les activités humaines sur l'écosystème arctique 15-6
- L'élimination des déchets urbains 15-6
- La prospection et la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières 15-7
- Le dragage 15-8
- Le transport et le transfert des hydrocarbures 15-8
- L'immersion en mer 15-9
- L'exploitation minière 15-9
- Les déchets dans les sites abandonnés 15-9
- Le bruit sous-marin 15-10
- Les ouvrages hydroélectriques 15-10
- La chasse 15-10
- Les contaminants provenant de sources éloignées 15-10
  - Les composés organochlorés 15-11
  - Les radionucléides 15-12
  - Les métaux lourds 15-12
  - Les dépôts acides 15-14
  - La brume arctique 15-16
- Le réchauffement de la planète 15-16
- L'appauvrissement de la couche d'ozone 15-19

Les répercussions sur la santé humaine 15-20
- Les composés organochlorés 15-20
- Les radionucléides 15-21
- Le mercure 15-22
- Les déchets urbains 15-23

La gestion de l'écosystème arctique 15-23
- La Stratégie de l'environnement arctique 15-23
- Les stratégies de conservation 15-24
- Les régions protégées 15-26
- Les commissions d'aménagement du territoire 15-26
- L'exploitation sélective des ressources 15-27
- Les accords internationaux 15-27

Conclusions 15-27

Ouvrages cités 15-27

Pour de plus amples renseignements 15-31

Remerciements 15-31

Liste des encadrés

15.1 L'économie locale : la dépendance des Inuit vis-à-vis de la faune 15-11
15.2 Une étude régionale : Broughton Island, dans les Territoires du Nord-Ouest 15-22
15.3 Les revendications territoriales globales des autochtones 15-24

Liste des figures

15.1 Carte des lieux mentionnés dans le texte 15-5
15.2 Activités choisies liées aux ressources non renouvelables dans l'Arctique 15-7
15.3 Transport de polluants jusque dans l'Arctique 15-12
15.4 Niveau de radioactivité atmosphérique moyen et dépôt annuel moyen de matières radioactives dans l'Arctique canadien 15-16
15.5 Certains impacts prévus du réchauffement planétaire sur l'Arctique 15-18
15.6 Bioamplification des BPC dans l'Arctique 15-21
15.7 Régions protégées dans l'Arctique 15-25
15.8 Niveau de protection des régions selon l'Alliance mondiale pour la nature 15-25
15.9 Résumé chronologique des zones protégées 15-26
15.E1 Inuit des Territoires du Nord-Ouest salariés et participant à des activités traditionnelles plus de quatre semaines par année 15-11
15.E2 Consommation de différents types d'aliments locaux par les Inuit des Territoires du Nord-Ouest 15-23
15.E3 Dose journalière moyenne de BPC absorbée par le biais de différents aliments locaux par les Inuit de sexe masculin et féminin de Broughton Island, dans les Territoires du Nord-Ouest 15-23
15.E4 Revendications territoriales dans l'Arctique 15-24

Liste des tableaux

15.1 Répartition des composés organochlorés dans l'écosystème arctique 15-13
15.2 Concentration de certains composés organochlorés chez les animaux des Territoires du Nord-Ouest 15-14
15.3 Répartition des radionucléides dans l'écosystème arctique 15-15
15.4 Niveaux moyens de césium-137 dans le tissu musculaire du caribou des principales hardes de l'Arctique canadien 15-15
15.5 Répartition des métaux lourds dans l'écosystème arctique 15-17
15.6 Impacts prévus du réchauffement planétaire sur l'écosystème arctique 15-19
15.7 Les conventions et les accords internationaux 15-26

> « Le Nord [illegible] ce jour. »
>
> *Stephen Leacock, 1937*

INTRODUCTION

L'Arctique canadien a autrefois été considéré comme vierge en raison de son éloignement et de sa faible population. Toutefois, depuis 50 ans, il subit l'effet des contaminants produits par les industries minières, pétrolières et gazières et les collectivités locales ainsi que des polluants venant des régions industrialisées du monde. Même si ces contaminants sont moins concentrés dans l'Arctique que dans la partie méridionale du Canada, ils constituent une plus grande menace pour le Nord en raison de leur rémanence dans le milieu arctique et de leur tendance à la bioaccumulation chez les espèces fauniques qui constituent une fraction considérable du régime alimentaire des habitants de cette région.

Le présent chapitre décrit brièvement l'écosystème arctique et sa vulnérabilité exceptionnelle à la pollution, puis passe en revue les différentes activités humaines qui l'agressent actuellement, les concentrations de contaminants dans le milieu naturel et les effets connus sur le biote. Il traite ensuite des effets que peut avoir la consommation d'aliments contaminés sur la santé des autochtones. Enfin, il souligne les initiatives prises par le gouvernement canadien pour lutter contre ces agressions de l'écosystème arctique.

L'ÉCOSYSTÈME ARCTIQUE

Les limites géographiques

Au sens le plus littéral du terme, le terme « arctique » fait référence à la région située au nord du cercle polaire arctique (66° 30' de latitude N); l'océan Arctique serait également inclus dans cette définition. Toutefois, pour la plupart des Canadiens, l'« Arctique » évoque le froid, la végétation naine et clairsemée, les ours blancs et les mers envahies par les glaces. Dans ce contexte, ce sont sans doute des éléments naturels comme la limite de la végétation arborescente et les caractéristiques climatiques qui situent le mieux les frontières terrestres de l'Arctique.

Aux fins du présent chapitre, l'Arctique est constitué par le biome arctique et par les parties arctiques du biome marin (voir le chapitre 6), qui correspondent aux régions terrestres situées au nord de la limite de la végétation arborescente où le sol est gelé en permanence (pergélisol) et où les températures moyennes sont inférieures à 10° C durant le mois le plus chaud, à -30° C durant le mois le plus froid et à -10° C en moyenne pendant six mois ou plus de l'année. Cette région, qui englobe 24 % de la superficie du territoire canadien et plus des deux tiers des 244 000 km de littoral du pays (figure 15.1), englobe tout l'archipel Arctique, le nord du Yukon, la majeure partie des Territoires du Nord-Ouest, le Nouveau-Québec et le Labrador, de même que les régions océaniques situées au nord de 60° de latitude N, la baie d'Hudson et la baie James. C'est la région du pays où la population est le plus clairsemée; on y dénombre moins de 45 collectivités et une population totale de seulement 27 000 habitants (soit environ 0,1 % de la population canadienne) qui vivent presque tous pratiquement dans des localités côtières (Statistique Canada, 1989).

Les milieux terrestre et marin

La masse terrestre de l'Arctique canadien peut être subdivisée en zones, dont les caractéristiques sont régies par les conditions climatiques et les phénomènes physiques (voir le chapitre 5). L'Arctique canadien consiste pour l'essentiel en une étendue de basses terres constituées de sols minces et d'affleurements rocheux; le relief plutôt monotone est ponctué, dans les deux tiers méridionaux de la région, d'une multitude de lacs peu profonds, vestiges de quatre périodes glaciaires. Dans les îles de l'est et de l'extrême nord-est de l'archipel Arctique, le terrain est principalement montagneux et les côtes sont fréquemment échancrées par des fjords aux parois escarpées remontant loin à l'intérieur des terres et se terminant souvent par des murailles massives de glace de glacier, lesquelles se désagrègent et produisent des icebergs.

FIGURE 15.1

Carte des lieux mentionnés dans le texte

Le milieu marin est dominé par l'océan Arctique, recouvert la plus grande partie de l'année par une couche de glace de 2 à 2,5 m d'épaisseur (Environnement Canada, 1984). La couverture de glace constitue un excellent isolant et bloque efficacement les échanges thermiques entre l'océan et l'atmosphère. La glace de mer peut prendre la forme de « glace de rive » (attachée au rivage) ou de banquises flottant à la dérive, lesquelles se déplacent presque constamment sous l'influence du vent et des courants marins. Les chenaux (c.-à-d. les eaux libres) gèlent d'ordinaire en l'espace de quelques heures ou de quelques jours pour former de la glace nouvelle, qui est alors brisée, broyée et incorporée à la masse glaciaire globale.

Le biote arctique

L'Arctique est la région la moins hospitalière du Canada pour la plupart des formes de vie végétale et animale. La plus grande partie de la masse terrestre de l'Arctique ayant émergé de la calotte glaciaire il y a seulement quelques milliers d'années, on trouve très peu de sols où peuvent croître des végétaux de grande taille ou profondément enracinées (Burnett et collab., 1989). Les éricacées, les lichens, la saxifrage à feuilles opposées, les dryades et les linaigrettes sont les plantes caractéristiques; les essences forestières, tel le saule nain, ont souvent une hauteur inférieure à 10 cm (Environnement Canada, 1986, 1989*a*).

En dépit de ce climat apparemment inhospitalier, la faune de l'Arctique est riche. Parmi ses espèces caractéristiques, mentionnons le caribou, le bœuf musqué, le renard arctique, le lièvre arctique, le grizzli de la toundra et l'ours blanc; le phoque annelé, le phoque du Groenland, le phoque commun, le phoque barbu, le morse, le béluga, la baleine boréale et le narval; le lagopède des rochers, le lagopède des saules, le faucon gerfaut, le harfang des neiges et l'oie des neiges; et l'omble chevalier (Environnement Canada, 1986, 1989*a*).

Le biote arctique est caractérisé par des taux relativement faibles de reproduction et de croissance, une maturation sexuelle lente et la longévité. La diversité et la productivité biologiques des espèces animales et végétales sont inférieures à celles observées dans les régions plus tempérées du Canada. En raison de ces caractéristiques, on pense que le biote arctique est plus vulnérable aux effets nuisibles des contaminants que le biote des régions méridionales. En outre, on trouve dans l'Arctique des relations prédateur-proie simples, ce que reflètent les chaînes alimentaires relativement courtes (Odum, 1971); à titre d'exemple, citons la relation trophique lichen-caribou dans l'écosystème terrestre et la chaîne alimentaire zooplancton-morue arctique-phoque annelé-ours blanc dans l'écosystème marin.

Les interactions à l'échelle du globe

Nombre de Canadiens ne prennent conscience de l'importance de l'écosystème arctique dans leur vie quotidienne que lorsqu'un « front arctique » balaie le sud du pays, y amenant des températures très froides. Néanmoins, l'écosystème arctique exerce une influence de premier plan à l'échelle mondiale et sur l'équilibre vital de la planète. L'Arctique joue un rôle clé dans le climat du globe : il agit comme un thermostat ou un « puits de chaleur », puisqu'il rafraîchit l'air et absorbe la chaleur transportée des tropiques jusqu'au nord par la circulation atmosphérique. Comme ces phénomènes sont intégrés, le climat du globe changerait si la capacité thermorégulatrice de l'Arctique venait à être modifiée. Réciproquement, le reste de la planète influe considérablement sur l'écosystème arctique. En effet, des polluants organiques et des métaux lourds, de la fumée, de la poussière, des précipitations acides, des retombées radioactives et de l'air plus chaud sont importés jusque dans l'Arctique et leurs effets sont potentiellement dommageables (Barrie, 1985). Par conséquent, l'Arctique assume une fonction d'indicateur, non seulement des changements naturels mais également des changements d'origine anthropique à l'échelle du globe.

La vulnérabilité aux contaminants toxiques

La présence de contaminants toxiques d'origine anthropique constitue l'une des menaces actuelles les plus graves pour la qualité du milieu arctique. Bien que les concentrations de contaminants dans l'Arctique soient relativement faibles par rapport à celles enregistrées sous des latitudes plus tempérées, l'écosystème de l'Arctique canadien est particulièrement vulnérable aux effets de ces substances.

Cette vulnérabilité tient en partie à la lenteur relative de la décomposition des contaminants dans l'Arctique; en effet, les processus de dégradation sont ralentis par les basses températures et par le rayonnement solaire ultraviolet moins intense. Les basses températures tendent également à provoquer la condensation et le dépôt des contaminants organiques volatils qui ont été transportés sur de grandes distances (Conseil national de recherches du Canada, 1974). Par ailleurs, le froid diminue les taux d'évaporation, ce qui peut donner lieu à un transfert progressif dans l'Arctique de composés organochlorés tels les BPC et les HAP provenant de régions plus chaudes du globe.

Les organismes de grande longévité au sommet des chaînes alimentaires arctiques (p. ex., le phoque, la baleine et l'ours blanc) sont plus sensibles aux contaminants que les animaux vivant sous d'autres latitudes; en effet, ils ont en permanence ou durant certaines saisons des concentrations élevées de graisse dans laquelle s'accumulent les contaminants organiques (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). Cette caractéristique contribue à la vulnérabilité exceptionnelle des autochtones de l'Arctique, dont l'alimentation est surtout constituée d'« aliments locaux » riches en matières grasses.

LES PRESSIONS EXERCÉES PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES SUR L'ÉCOSYSTÈME ARCTIQUE

L'élimination des déchets urbains

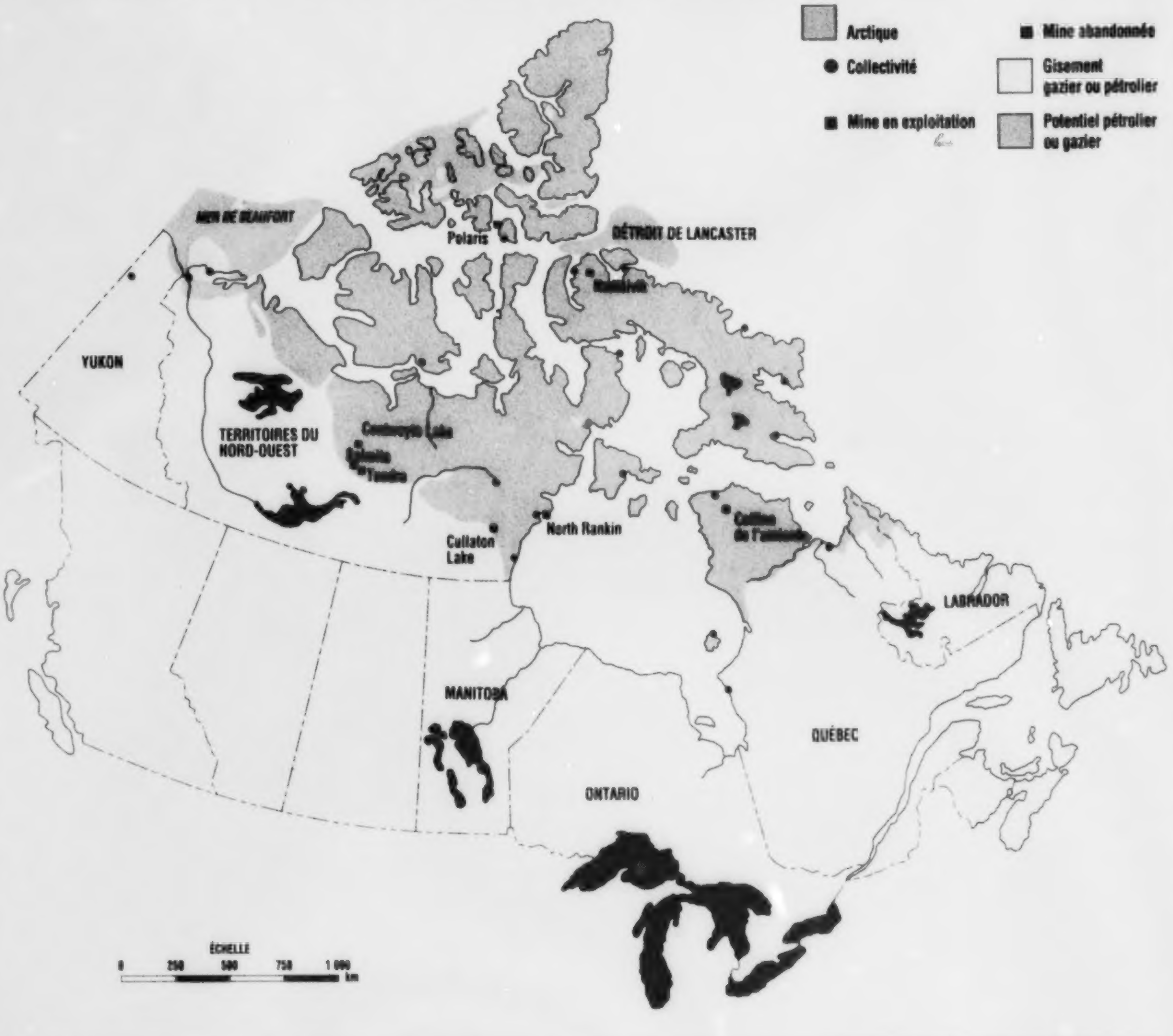
Dans toutes les collectivités arctiques, l'élimination des déchets liquides et solides soulève un problème, qui pourrait s'amplifier au fur et à mesure de la croissance démographique. Même si le volume des déchets est relativement faible, l'impact potentiel sur l'écosystème de la collectivité n'en reste pas moins considérable.

Certaines localités, comme Resolute, rejettent directement ou indirectement dans le milieu aquatique des eaux usées non traitées ou ayant simplement subi un traitement primaire. D'autres sont équipées de bassins de stabilisation ou d'étangs de retenue des eaux usées; cependant, ces installations débordent fréquemment, ou encore les eaux usées peuvent être lessivées dans les réseaux de drainage superficiel (Cameron et collab., 1982; Dusseault et Elkin, 1983).

Les installations d'élimination des déchets solides des localités arctiques sont primitives en raison du manque de ressources humaines et financières, des restrictions imposées par le climat et du pergélisol qui empêche les collectivités d'enfouir leurs déchets. Ainsi, la dégradation de ces déchets prend des années en raison de la vitesse de décomposition extrêmement lente dans le milieu arctique (Conseil national de recherches du Canada, 1974); par ailleurs, les collectivités arctiques étant presque toutes côtières, des contaminants risquent de s'introduire par lessivage dans le milieu marin.

FIGURE 15.2

Activités choisies liées aux ressources non renouvelables dans l'Arctique



Source : Environnement Canada, 1988.

En 1986 et 1987, on a prélevé des échantillons d'eau et de sédiments de la décharge de Pangnirtung, dans les Territoires du Nord-Ouest, afin d'évaluer les risques que constituaient, pour la santé de la population, les substances toxiques lessivées dans le fjord. D'après les teneurs en plomb, cadmium, fer, cuivre et zinc des eaux de surface en contrebas de la décharge, il y avait un risque de contamination du biote du fjord par les métaux (Haertling, 1989). La découverte de concentrations élevées de zinc dans la morue arctique à Pangnirtung a corroboré ces résultats (Muir et collab., 1987).

La prospection et la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières

La prospection des hydrocarbures dans l'Arctique canadien a ralenti depuis le milieu des années 1980 en raison des prix relativement peu élevés du pétrole, de la stagnation des marchés nationaux du pétrole et du gaz naturel et des coûts assez élevés de la prospection dans les régions éloignées. Néanmoins, la prospection des ressources pétrolières et gazières se poursuit dans la région de la mer de Beaufort et du delta du Mackenzie (figure 15.2).

Des navires et des îles artificielles ont servi au forage en mer de plus de 60 puits d'exploration dans l'Arctique

(Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, 1990), principalement dans la mer de Beaufort. Règle générale, les effets des rejets ponctuels dans le milieu marin résultant du forage en mer sont localisés. On a observé des concentrations élevées de mercure, de plomb, de cadmium, de zinc, de chrome, de nickel et de cuivre à proximité de puits sous-marins, probablement attribuables aux fluides de forage à base d'eau, dont environ 240 m^3 (1 500 barils) doivent être rejetés par puits d'exploration (Thomas, 1978; Crippen et collab., 1980, ESL Environmental Sciences Ltd., 1982; Thomas et collab., 1984). Selon la force et la direction des courants océaniques, les concentrations de métaux tendent à retomber à leur niveau de fond dans un rayon allant de 100 m à quelques kilomètres de l'emplacement du puits (Thomas, 1978; Crippen et collab., 1980; Mariani et collab., 1980; Menzie et collab., 1980; Thomas et collab., 1984). Dans les endroits où l'on utilisait des boues de forage à base de pétrole, on a enregistré des teneurs élevées en hydrocarbures dans les sédiments dans un rayon de 100 à 500 m de l'emplacement du puits (Erickson et collab., 1988).

Plus de 300 puits d'exploration (pétrole et gaz) ont été forés en milieu terrestre dans la région arctique, principalement dans la partie occidentale (Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, 1990). Il était pratique courante de se débarrasser des fluides de forage résiduaires dans des puisards attenants à la plate-forme de forage. Les déchets de forage contiennent divers contaminants allant des sels métalliques communs aux agents tensioactifs et aux hydrocarbures non gazeux. Jusqu'à présent, environ 20 000 t de matières solides contaminées par les divers adjuvants de forage et plus de 250 000 t d'hydrocarbures et de matériaux associés ont été rejetés sur le sol et dans les puisards de l'Arctique (Thomas et collab., 1984). L'accumulation des contaminants dans le sol et les végétaux aux alentours des puisards est d'ordinaire très localisée et confinée à un rayon de 100 m (Smith et James, 1979; Hardy and BBT Ltd., 1988).

Le dragage

Dans l'Arctique canadien, le dragage est principalement confiné dans la partie sud de la mer de Beaufort. On y a recours pour assurer le passage en toute sécurité des chalands, des navires et des bateaux dans les eaux navigables, de même que pour appuyer la prospection pétrolière et gazière en mer par la construction d'îles artificielles et de talus sous-marins.

Les 163 travaux de dragage entrepris entre 1959 et 1985 ont produit quelque 57 millions de mètres cubes de déblais de dragage (Sackmann et collab., 1986). Entre 1973 et 1985, on a aménagé 28 îles artificielles et 14 talus sous-marins à partir de 38 millions de mètres cubes de déblais de dragage (Thomas et collab., 1985; Sackmann et collab., 1986).

Les impacts les plus visibles du dragage sont des augmentations localisées et à court terme (c.-à-d. pendant quelques heures) des concentrations de sédiments en suspension dans l'eau et la destruction des habitats benthiques sur les sites de dragage et de dépôt (Thomas et collab., 1985). Ces impacts sont confinés surtout aux environs immédiats du site de dragage. En général, on ne considère le dragage comme un danger potentiel que si des activités répétées de dragage et de dépôt dans une région relativement petite peuvent avoir des effets cumulatifs à long terme ou lorsqu'il existe un risque de remise en suspension des contaminants (p. ex., déchets de forage, hydrocarbures, eaux résiduaires non traitées) présents dans les sédiments (ESL Environmental Sciences Ltd., 1982; Thomas et collab., 1985; Martin et collab., 1986). On a évoqué de tels risques dans le cas des scénarios d'aménagement à grande échelle dans la mer de Beaufort.

Le transport et le transfert des hydrocarbures

Le risque d'un déversement accidentel d'hydrocarbures est principalement lié au transport du pétrole par les pétroliers ainsi qu'à l'exploitation des puits d'exploration et de production. Des déversements se produisent aussi au moment du transport annuel par mer de carburant et de marchandises destinés à combler les besoins des collectivités arctiques éloignées. Entre 1972 et 1985, il y a eu 175 déversements accidentels d'hydrocarbures dans les Territoires du Nord-Ouest, soit un volume total de 1,5 à 1,6 million de litres de carburant diesel, de carburéacteur, d'essence et de pétrole brut (Sackmann, 1989). Ces chiffres représentent les déversements survenus en mer et sur terre et qui ont pénétré dans les eaux marines de diverses façons : navires de haute mer, puits sous-marins, sites côtiers de stockage du pétrole et autres installations côtières.

En 1988, un déversement de 140 000 L de mazout s'est produit à la base de Sugluk du ministère de la Défense nationale, même si les réservoirs étaient endigués (Rowell, 1990). La plupart des déversements qui se sont produits à Tuktoyaktuk et à Iqaluit se sont soldés par des concentrations élevées d'hydrocarbures dans les milieux marins locaux. Dans le port de Tuktoyaktuk, situé sur la mer de Beaufort à 35 km à l'est du delta du Mackenzie, on a observé des concentrations élevées d'hydrocarbures non gazeux dans les sédiments (paraffine : 4 400–31 000 ppb; HAP : 160–2 600 ppb); l'absorption de ces substances contribuerait aux lésions hépatiques et à la dégénérescence des cellules hépatiques détectées chez la plie arctique et la plie étoilée, des espèces qui sont pêchées mais non consommées par les habitants de la région (Thomas, 1988).

Pour l'instant, les techniques de nettoyage des lieux d'un déversement ne permettent pas d'éliminer le pétrole des eaux couvertes de glace. Il peut donc se produire un véritable désastre écologique dans les eaux arctiques si les activités pétrolières et gazières s'intensifient dans la région et si le tonnage des pétroliers augmente. Les effets d'un déversement d'hydrocarbures seraient beaucoup plus persistants dans les eaux arctiques, en particulier si elles sont couvertes de glace, que dans les eaux des latitudes moyennes. Les hydrocarbures se dégradent plus lentement en eau froide (10 à 25 fois moins

vite à 5° C qu'à 25° C) et la couverture de glace restreint la dispersion et l'évaporation des polluants (la dispersion est plus rapide de deux tiers en l'absence de glace); l'exposition du biote et celle de ses habitats y sont donc plus longues (Conseil national de recherches du Canada, 1974).

Au chapitre des effets biologiques potentiels, on considère que l'exposition de courte durée des animaux aux hydrocarbures présents dans la colonne d'eau revêt une importance primordiale (Programme de déversement de pétrole à l'île de Baffin, 1987). Certaines espèces de sauvagine pourraient disparaître si un déversement se produisait dans leurs aires de reproduction de l'Arctique à un moment critique.

L'immersion en mer

Depuis 1975, on a délivré 37 permis d'immersion en mer pour l'Arctique en vertu desquels on a autorisé des expériences sur les déversements de pétrole et le rejet de déblais de dragage, de ferraille et d'adjuvants de surréfrigération utilisés pour la construction des îles de glace (Packman et Shearer, 1988). Compte tenu de l'absence de solution immédiate au problème de l'élimination sur terre de la ferraille accumulée par les collectivités et par les opérations pétrolières et gazières, il est souvent plus économique de jeter le matériel et les matériaux à la mer au lieu de les transporter jusqu'à des endroits où ils pourraient être réutilisés. Cette méthode a toutefois pour inconvénient de produire des débris flottants et de libérer des substances toxiques dans l'écosystème marin, deux sources de pollution marine.

L'exploitation minière

Jusqu'ici, seul un nombre restreint de sites miniers ont été évalués dans l'Arctique et quelque-uns ont été mis en production. En 1988, les mines de Polaris et de Nanisivik (plomb et zinc) ainsi que celles de Contwoyto Lake (or) étaient exploitées; cependant, certains sites miniers dont l'exploitation n'est pas viable à l'heure actuelle pourraient rouvrir advenant une conjoncture économique plus favorable (Énergie, Mines et Ressources Canada, 1989) (voir la figure 15.2).

Le principal impact de l'exploitation minière sur les écosystèmes terrestres est d'ordinaire la destruction des habitats qui accompagne l'aménagement et l'exploitation de la mine et de ses voies d'accès. Ces dernières peuvent également dégrader le pergélisol et favoriser l'introduction de sédiments, entraînés par les eaux de ruissellement, dans les habitats aquatiques voisins (Conseil national de recherches du Canada, 1974). Ces effets sont habituellement mineurs et localisés et rien ne laisse croire pour l'instant que l'exploitation minière ait sérieusement touché l'habitat vital d'une espèce.

Le risque de contamination par les métaux autour des sites d'extraction et de préparation des métaux communs tient, d'une part, à l'altération des roches résiduaires et des roches exposées durant l'exploitation minière et, d'autre part, au déversement accidentel de concentré de minerai dans l'environnement. L'exposition de la pyrite de fer et d'autres minéraux sulfurés à l'oxygène atmosphérique en présence d'humidité conduit à l'une des réactions d'altération les plus acides qui soient (Thomas et collab., sous presse) et entraîne la dissolution continue des résidus miniers, qui peuvent alors constituer une source de contamination à long terme par les métaux et passer dans les chaînes alimentaires.

Les sites miniers de l'Arctique ont déjà produit plusieurs milliers de tonnes de résidus (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1987). Même si les résidus miniers sont souvent une source de contamination du milieu, on sait peu de choses sur l'ampleur réelle des problèmes pouvant exister dans certaines mines abandonnées comme celles de North Rankin (nickel, cuivre, platine, palladium), de Salmita, de Tundra et de Cullaton Lake (or) ainsi que de la Colline de l'amiante (amiante). Les mines de Polaris et de Nanisivik rejettent l'une et l'autre des résidus miniers dans de petits lacs qui, durant la saison des eaux libres, débordent dans l'océan. Les concentrations de plomb, de zinc, de cadmium et d'arsenic dans les sédiments marins près de la mine de Nanisivik sont plus élevées que celles qui existaient avant l'ouverture de la mine (Arctic Laboratories Ltd., 1986). On a aussi fait état de concentrations relativement élevées de métaux dans le biote de différents niveaux trophiques du détroit de Strathcona, près de Nanisivik (Wagemann, 1989). Les concentrations moyennes de plomb chez la palourde ont augmenté de 1,09 ppm, ce qui représente un doublement des concentrations pré-exploitation. Les concentrations moyennes de zinc chez l'oursin et la palourde se sont accrues respectivement de 213 et de 283 ppm, ce qui est 4,3 et 3,7 fois plus que les concentrations pré-exploitation (Packman et Shearer, 1988). Ces concentrations sont supérieures aux teneurs en plomb et en zinc établies par Santé et Bien-être social Canada pour les produits animaux marins destinés à la consommation humaine (Prakash et collab., 1971). On ne connaît pas l'impact environnemental de ces fortes concentrations de métaux traces dans le biote du détroit de Strathcona, ni les répercussions de la mine de Polaris sur les zones marines voisines.

Les déchets dans les sites abandonnés

Avant 1972, l'utilisation des terres dans l'Arctique n'était pas réglementée. Les gouvernements et les industries transportaient sur place l'équipement et les matériaux dont ils avaient besoin pour leurs travaux et, une fois ceux-ci terminés, laissaient sur les lieux ce qu'ils estimaient trop coûteux à enlever. Ainsi, l'Arctique est jonché de déchets divers : bâtiments, matériel électrique et autre (dont certains appareils contenant des BPC), produits chimiques, carburants, barils de carburant et ordures ménagères. Par ailleurs, on sait que certains de ces déchets sont dangereux ou peuvent créer des conditions dangereuses.

Il existe également dans l'Arctique des centaines de dépôts de barils de carburant où l'on peut trouver plusieurs milliers de barils vides. À titre d'exem-

ple, on compte quelque 300 000 barils dans la localité de Coral Harbour, sur l'île de Southampton dans la baie d'Hudson, qui a servi de dépôt de ravitaillement à compter de la Deuxième Guerre mondiale (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1991).

Durant les années 1950, on a construit 42 stations du réseau DEW (réseau d'alerte avancé) dans l'Arctique canadien (Stanley Associates Engineering Ltd., 1986). De 1963 à 1965, on a fermé 21 stations par suite de changements technologiques. Elles ont été laissées « en l'état », conformément aux pratiques de l'époque. En 1985, quand il a été constaté que certains équipements des sites abandonnés étaient dangereux, le gouvernement a entrepris l'enlèvement des déchets (Holtz et Sharpe, 1986), dont environ 7 200 kg de liquide contaminé par des BPC (Stanley Associates Engineering Ltd., 1986). Il reste beaucoup de déchets non dangereux dans ces stations, dont des bâtiments, des tours, des véhicules, des barils de carburant et des débris divers.

Les 21 autres stations du réseau DEW restent opérationnelles mais on doit procéder à leur fermeture dans le cadre du projet de modernisation de la défense aérienne de l'Amérique du Nord. Le nettoyage des sites sera entrepris par Affaires indiennes et du Nord Canada, la Défense nationale du Canada et l'armée de l'air des États-Unis.

Les stations du réseau DEW et les stations militaires abandonnées ne sont que quelques-uns des centaines de sites connus de déchets dans l'Arctique.

Le bruit sous-marin

Les effets nuisibles potentiels du bruit sur le comportement des espèces fauniques ont suscité des inquiétudes, notamment chez les chasseurs autochtones. Même si la plupart des réactions de la faune sont mal comprises, les biologistes craignent que le bruit produit par les activités humaines tels le trafic maritime, le survol de la région par des aéronefs et le forage pétrolier et gazier sur les îles artificielles n'interfère avec l'écholocation, la communication et le développement normal des mammifères marins au voisinage immédiat de ces sources (Finley et collab., 1984; Miller et Davis, 1984; Richardson et collab., 1985).

Bien que les sources mobiles de bruit, notamment les bateaux et les aéronefs, puissent provoquer des réactions de courte durée et le déplacement temporaire de divers mammifères marins (Finley et collab., 1984; Miller et Davis, 1984; Richardson et collab., 1985), les recherches menées sur la baleine boréale n'ont pas permis d'établir de corrélation entre les activités industrielles et les problèmes de répartition annuelle (LGL Ltd., 1986). Même s'il n'y a pas de preuves directes que les perturbations acoustiques ont des conséquences sérieuses, les chasseurs autochtones du Canada et du Groenland redoutent que les réactions d'évitement du béluga et peut-être du narval perturbent la migration de ces espèces vers les zones traditionnelles de chasse et, ce faisant, réduisent les captures.

Le problème de la perturbation par le bruit ne touche pas seulement le milieu sous-marin; le bruit a également des effets négatifs sur les écosystèmes terrestres et peut même entraîner la mort des animaux. Le survol, par les aéronefs, des lieux de rassemblement sur terre du phoque et du morse peut avoir des conséquences fatales en provoquant des réactions de panique et l'abandon des jeunes (Affaires extérieures Canada, 1991). Depuis 1979, les Inuit du Labrador s'inquiètent des effets dommageables possibles sur le caribou du bruit soudain provoqué par les vols militaires à basse altitude; ces craintes se sont amplifiées avec l'intensification des vols (Rowell, 1990).

Les ouvrages hydroélectriques

Les ouvrages hydroélectriques qui influent sur les cours d'eau se déversant dans l'océan Arctique peuvent nuire à l'écosystème arctique de diverses façons : perturbation du cycle hydrologique naturel, inondations périodiques résultant de l'utilisation des lacs comme réservoirs, intensification de l'érosion et altération du débit des cours d'eau. En particulier, on s'inquiète des effets négatifs que pourraient avoir, sur l'écosystème marin de la baie d'Hudson, l'expansion des ouvrages hydroélectriques de la baie James au Nouveau-Québec (voir le chapitre 12) et du bassin de la rivière Moose dans le nord de l'Ontario, de même que des projets hydroélectriques sur les fleuves Nelson et Churchill dans le nord du Manitoba (F. Quinn, Environnement Canada, communication personnelle).

La chasse

Les autochtones de l'Arctique canadien chassent, pêchent et piègent diverses espèces fauniques destinées à leur propre consommation (Wong, 1985*a*) (voir l'encadré 15.1). La pression croissante exercée par la chasse sur certaines populations fauniques constitue un problème important dans de nombreux endroits de la région où le développement industriel ou l'expansion locale de l'infrastructure de transport ont facilité l'accès des réserves naturelles.

Les contaminants provenant de sources éloignées

Bien que les concentrations de contaminants dans l'Arctique canadien soient inférieures à celles que l'on trouve dans les zones urbaines des latitudes méridionales, elles sont beaucoup plus élevées que celles produites par les seules sources locales. On trouve dans l'Arctique de la suie, des précipitations acides, des BPC, des pesticides, des métaux lourds et d'autres contaminants provenant des régions industrialisées d'Europe, d'Asie et d'Amérique du Nord, à des milliers de kilomètres de distance. De fait, le transport à grande distance des contaminants apparaît de plus en plus comme la menace la plus sérieuse pour la qualité du milieu arctique.

D'après leur composition et leur répartition géographique, ces contaminants sont transportés vers l'Arctique par les

courants atmosphériques principalement. Toutefois, les courants océaniques et les cours d'eau coulant vers le nord servent également de lien entre l'écosystème arctique et les régions industrialisées du globe (Mackay et Loken, 1974) (figure 15.3).

Les composés organochlorés

La grande classe des substances chimiques appelées composés organochlorés inclut les BPC et l'HCB, qui sont des produits chimiques industriels, l'HCH, le DDT et le DDE, le chlordane et le toxaphène, qui sont des produits chimiques agricoles, de même que les sous-produits des activités humaines, tels les dioxines et les furanes. Même si les concentrations des contaminants organochlorés dans l'Arctique sont généralement inférieures à celles de régions très polluées comme les Grands Lacs et la mer Baltique, les concentrations de composés plus volatils comme l'HCB et le toxaphène sont souvent comparables à celles des régions d'où proviennent ces composés (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*).

On dispose de peu de données sur les tendances de la plupart des contaminants organochlorés dans l'Arctique, en particulier dans les écosystèmes terrestres; en revanche, les concentrations de BPC dans l'écosystème marin arctique sont relativement bien étayées (tableau 15.1). Le composé organochloré le plus fréquemment détecté est l'HCH et les composés les plus abondants dans l'écosystème marin sont le toxaphène, le chlordane et les BPC. Le tableau 15.2 donne les teneurs en DDT, en HCH et en chlordane que l'on trouve dans les espèces fauniques des Territoires du Nord-Ouest.

On connaît mal les effets possibles des composés organochlorés sur la santé de l'écosystème. Même si l'on n'a pas mesuré les effets de l'accumulation de BPC chez les animaux vivant dans l'Arctique, on sait que cette accumulation provoque un échec de la reproduction chez le phoque en captivité nourri de poissons de la mer du Nord

ENCADRÉ 15.1

L'économie locale : la dépendance des Inuit vis-à-vis de la faune

La dépendance traditionnelle des Inuit vis-à-vis de la faune persiste encore aujourd'hui dans l'Arctique canadien, en dépit des changements survenus au contact des cultures européennes et occidentales. Les autochtones du Nord consomment plus d'aliments locaux que la plupart des Canadiens; environ 80 % des Inuit se livrent à la chasse, à la pêche ou au piégeage pour se procurer du poisson et de la viande de caribou, de mammifères marins et d'autres espèces dont ils tirent des aliments de première nécessité (voir la figure 15.E1). Chez les habitants du Nord, qui sont pour la plupart en marge de l'économie monétaire, la chasse de subsistance n'est qu'une des nombreuses activités liées à la faune.

La population des localités du Nord a triplé au cours des 25 dernières années (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 1990), et le nombre des personnes engagées dans des activités d'exploitation des ressources à des fins de subsistance s'est accru en conséquence. Outre la chasse, il y a la transformation et la vente des aliments locaux, la récolte des matières premières pour l'industrie des arts et de l'artisanat et la confection de vêtements pour utilisation et vente sur place. Comme les Inuit consomment les ressources locales, il ne leur est pas nécessaire d'importer des biens coûteux du sud du Canada. Certains analystes reconnaissent maintenant la valeur économique de cette activité locale qui représente 10 % des revenus d'emploi dans les Territoires du Nord-Ouest (Usher et Weihs, 1989).

Le programme d'exploitation des ressources fauniques, qui fait partie intégrante de la Convention de la Baie-James au Québec, et le programme des petites réserves dans les Territoires du Nord-Ouest sont des exemples de programmes de revenu supplémentaire qui permettent aux peuples autochtones de poursuivre leurs activités traditionnelles de chasse. D'autres initiatives, notamment les congélateurs communautaires et les usines artisanales de transformation de la viande pour fins de vente régionale parrainés par l'Association des chasseurs et des trappeurs de la région de Baffin, constituent également des aides efficaces aux collectivités Inuit. La sculpture de la stéatite et de l'os de baleine a également connu du succès, comme d'ailleurs les pêcheries commerciales telles les corporations de Qikiqtaaluk sur l'île de Baffin et de Makivik au Nouveau-Québec.

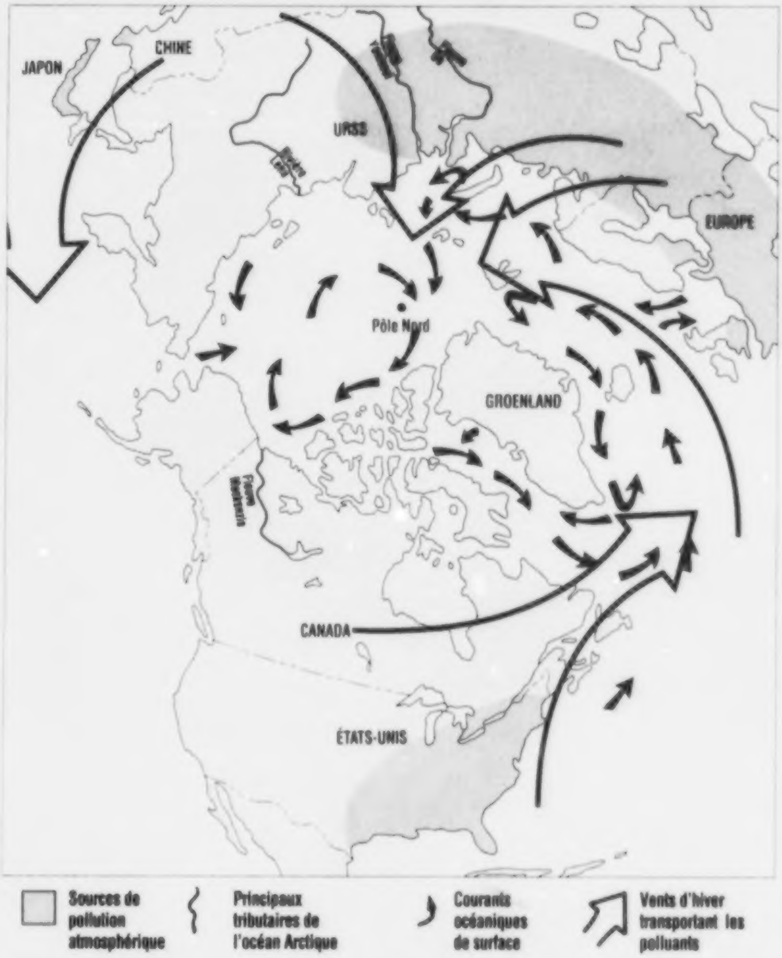
FIGURE 15.E1

Inuit des Territoires du Nord-Ouest salariés et participant à des activités traditionnelles plus de quatre semaines par année

Source : Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 1990.

FIGURE 15.3

Transport de polluants jusque dans l'Arctique



Source : Twitchell, 1991.

(Reijnders, 1986) et chez le vison nourri de poissons des Grands Lacs (Aulerich et Ringer, 1977), et il semble que l'effet soit le même chez le phoque annelé de la mer Baltique (Bergman et collab., 1981), le phoque commun de la mer du Nord (Reijnders, 1980) et le béluga du fleuve Saint-Laurent (Martineau et collab., 1987). On a montré que le DDT et le DDE entraînent l'amincissement de la coquille des œufs d'oiseaux et réduisent la viabilité des œufs de poissons; par ailleurs, d'autres composés organochlorés ont été liés au cancer chez différentes espèces animales (Conseil national de recherches du Canada, 1974; Twitchell, 1991).

Les radionucléides

Le strontium-90 (demi-vie de 28,1 ans) et le césium-137 (demi-vie de 30,1 ans) sont les principaux produits de fission à vie longue qui se sont introduits dans l'écosystème arctique en grandes quantités, principalement par suite des retombées atmosphériques des essais d'armes nucléaires entre 1952 et 1978 et de l'accident nucléaire de Tchernobyl en 1986. L'environnement arctique est également menacé par les activités des navires et des satellites à propulsion nucléaire, tel Cosmos 954 qui s'est écrasé en 1978 près de la rivière Thelon, dans les Territoires du Nord-Ouest (Thomas et collab., sous presse).

Comme ces produits de fission à vie longue peuvent avoir des effets carcinogènes possibles chez l'être humain, leur devenir a fait l'objet de maintes études depuis le début des années 1960. La base de données sur les niveaux de césium-137 chez les animaux n'est pas très considérable, mais les données existantes indiquent des niveaux de radiation relativement faibles (tableaux 15.3 et 15.4).

Depuis le moratoire de 1963 sur les essais nucléaires, on enregistre une réduction constante des niveaux moyens de la radioactivité atmosphérique et des retombées annuelles dans l'Arctique (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*a*) (figure 15.4). Bien que les dépôts radioactifs dans les régions arctiques représentent entre 25 et 50 % des dépôts dans les régions tempérées (Feely et collab., 1978), les processus naturels de dissipation relativement inefficaces — en raison de l'extrême lenteur du taux de renouvellement biologique tenant, notamment, à la brièveté des saisons de croissance et à l'insuffisance de l'apport d'énergie thermique, d'éléments nutritifs et d'humidité — n'ont pas permis d'épurer les écosystèmes de façon aussi marquée que dans la partie méridionale du Canada (Svoboda et Taylor, 1979; Hutchison-Benson et collab., 1985; Taylor et collab., 1985).

Les métaux lourds

Les métaux lourds subissant une bioaccumulation dans le biote incluent le mercure, le cadmium, le plomb et l'arsenic. La présence de métaux lourds

[illegible]

Répartition des composés organochlorés dans l'écosystème arctique

	Écosystème marin	Écosystème d'eau douce	Écosystème terrestre
Voie de pénétration	• Atmosphère	• Atmosphère et drainage superficiel	• Atmosphère
Base de données	• Données limitées et insuffisantes pour prédire avec précision les tendances temporelles ou géographiques	• Données insuffisantes pour prédire avec précision les tendances temporelles ou géographiques	• Très limitée
Concentrations	• Le toxaphène est le principal contaminant chez les poissons et les invertébrés marins (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Le chlordane, l'HCH et le toxaphène forment la fraction principale de la charge totale chez le poisson dans l'Arctique de l'est (Muir, 1985). • Les concentrations sont généralement faibles chez les poissons de l'Arctique : DDT, 0,002–0,008 ppm, poids humide; BPC, <0,001–0,008 ppm, poids humide, (Wong, 1985*a*). • Le chlordane et les BPC sont les principaux contaminants chez l'ours blanc (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Jusqu'ici, les concentrations les plus élevées de chlordane (0,81 ppm, poids humide) et de dieldrine (0,63 ppm) ont été observées dans le pannicule adipeux du béluga de la baie Repulse (Wong, 1985*a*). • Les concentrations les plus élevées de résidus d'HCH ont été trouvées dans le pannicule adipeux du phoque annelé de Resolute et de l'inlet de l'Amirauté (0,21–0,28 ppm) (Wong, 1985*a*). • On observe des concentrations comparables de chlordane et de DDT chez le phoque, les amphipodes et dans le zooplancton (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Les concentrations de TCDD sont le plus élevées chez l'ours blanc et le phoque annelé (pour les mammifères marins) (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Les concentrations de DDE et de BPC sont le plus élevées dans les œufs et les tissus adipeux des oiseaux se nourrissant principalement de poissons et d'invertébrés (Wong, 1985*b*).	• L'HCH est la substance chimique la plus abondante en eau douce (Wong, 1985*a*). • Les teneurs en toxaphène, en BPC et en chlordane sont le plus élevées chez le poisson (Langlois, 1987; Lockhart et collab., sous presse). • Chez la lotte, les concentrations de toxaphène sont de 0,9–1,1 ppm et celles de BPC, de 0,3–0,5 ppm (Langlois, 1987; Lockhart et collab., sous presse). • Les concentrations de DDE et de BPC sont le plus élevées dans les œufs et les tissus adipeux des oiseaux se nourrissant principalement de poissons et d'invertébrés (Wong, 1985*b*). • On observe des concentrations généralement faibles (0,008 ppm) de DDT et de BPC chez le poisson (Wong, 1985*a*). • L'omble chevalier de Cambridge Bay contenait 10 ppm de BPC en 1984 (Wong, 1985*a*).	• Le contaminant le plus abondant est l'HCB, suivi de l'HCH, puis des BPC, du chlordane, du DDT, de la dieldrine et du mirex (Clausen et Berg, 1975; Thomas et Hamilton, 1987; Muir et collab., 1988*b*). • Les concentrations des contaminants sont de 10 à 100 fois plus faibles chez les animaux terrestres que chez les animaux marins dans le cas de l'HCH, et de 100 à 1 000 fois plus faibles dans le cas des BPC, du chlordane et du DDT (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • On observe les concentrations suivantes chez le caribou de l'île de Baffin: HCB, 25–84 ppb; HCH, 7–42 ppb; BPC, 11–52 ppb (Thomas et Hamilton, 1987; Muir et collab., 1989; Thomas et collab., sous presse).
Tendances temporelles	• Les concentrations de BPC et de DDT ont diminué de 300 % chez le phoque annelé et dans les œufs d'oiseaux de mer du Haut-Arctique du début au milieu des années 1980 (Addison et Smith, 1974; Nettleship et Peakall, 1987; Muir et collab., 1988*b*). • Les résidus de BPC et d'autres composés organochlorés chez l'ours blanc et le béluga de la baie d'Hudson ont augmenté depuis la seconde moitié des années 1960 (Norstrom et collab., 1988; Muir et collab., 1989). • On n'a observé aucune différence pour les résidus de DDT chez l'ours blanc entre 1969 et 1984 (Norstrom et collab.,1985). • Les concentrations de chlordane ont augmenté de 400 à 500 % chez l'ours blanc au cours des 13 dernières années (Wong, 1985*a*).	• Aucune information	• Aucune information

dans l'écosystème arctique est la conséquence non seulement du transport à grande distance des contaminants, mais également des phénomènes naturels et des rejets d'origine locale.

À l'exception d'une base de données volumineuse sur les concentrations de mercure dans le milieu marin, spécialement chez l'ours blanc, on dispose de beaucoup moins de données sur les métaux lourds que sur les composés organochlorés. En outre, leur interprétation est délicate, car il est impossible de faire la distinction entre les niveaux de fond et les concentrations résultant des activités humaines (Wong, 1985*a*). Même si certaines tendances générales

TABLEAU 15.1 (SUITE)

	Écosystème marin	Écosystème d'eau douce	Écosystème terrestre
Tendances spatiales	• L'HCH, les BPC, le DDT et le DDE sont présents dans toutes les régions de l'écosystème marin (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Des dioxines et des furanes ont été détectés à plusieurs endroits chez l'ours blanc et le phoque (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Les concentrations de toxaphène chez l'omble chevalier augmentent du Haut-Arctique à la baie d'Hudson, ce qui signifie que la substance a été transportée dans l'atmosphère depuis l'Amérique du Sud, l'Amérique centrale et l'Amérique du Nord (Norstrom et collab., 1988). • Les concentrations de BPC, de chlordane, de DDT et de dieldrine sont de trois à quatre fois plus élevées chez l'ours blanc de la baie d'Hudson que chez celui de la mer de Beaufort (Norstrom et collab., 1985). • Les concentrations de 2,3,7,8-TCDD et de 2,3,7,8-TCDF chez l'ours blanc et le phoque annelé sont le plus élevées dans le Haut-Arctique et le plus faibles dans le Sud, ce qui signifie que les sources sont extérieures à l'Amérique du Nord (Muir et collab., 1989). • Les concentrations de BPC et de DDT chez le poisson de mer de l'océan Arctique sont de deux à cinq fois plus faibles que dans d'autres océans nordiques (Muir et collab., 1989). • Les concentrations d'HCH chez la morue arctique sont comparables à celles des espèces des latitudes moyennes (Gouvernement du Canada, 1991). • Les concentrations de BPC sont 25 fois plus faibles chez le béluga de l'Arctique que chez celui de l'estuaire du Saint-Laurent (Martineau et collab., 1987; Muir et collab., 1988*b*).	• Les contaminants sont largement répandus dans les poissons des cours d'eau arctiques (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Les concentrations de toxaphène chez la lotte du Mackenzie sont comparables à celles du poisson du nord-ouest de l'Ontario; elles sont 10 fois plus faibles chez l'omble chevalier que chez le touladi du lac Supérieur (Gouvernement du Canada, 1991). • Les concentrations de BPC et de DDT sont de 10 à 20 fois plus faibles chez l'omble chevalier que chez le saumon d'autres régions arctiques (Lockhart et collab., sous presse).	• Aucune information

TABLEAU 15.2

Concentration de certains composés organochlorés chez les animaux des Territoires du Nord-Ouest

Espèce	DDT total (ppb)	HCH total (ppb)	Chlordane total (ppb)
Caribou	1–4	1–42	0,2–8
Lièvre arctique	< 0,2–0,9	1–50	0,6–4
Lagopède	0,3–11	0,4–53	0,2–7,4
Poissons de mer	3–21	2–110	1–44
Oiseaux de mer	3–13 000	5–10	7–230
Ours blanc	10–1 200	300–870	1 800–7 000
Phoque	2–4 900	1–270	2–4 600
Baleine	320–800	150–240	30–2 300

DDT total signifie le DDT et ses produits de fragmentation (p. ex., DDE et DDD).
HCH total et chlordane total incluent également les produits de fragmentation.
Sources : Thomas et Hamilton, 1987; Muir et collab., 1988*b*.

dans l'écosystème marin arctique sont apparentes, la base de données existante est trop limitée et trop peu systématique, sauf peut-être dans le cas du plomb et du mercure, pour renseigner beaucoup sur les tendances spatiales ou temporelles (tableau 15.5). Règle générale, on a enregistré une hausse de la concentration de la plupart des métaux lourds dans l'Arctique (Muir et collab., sous presse), et en particulier du plomb (Settle et Patterson, 1980). On a observé des teneurs élevées en cadmium et en mercure chez les mammifères marins (surtout dans les reins et le foie). Par exemple, les concentrations de plomb dans les reins du narval s'élevaient à 63,5 ppm et comptaient parmi les plus élevées jamais enregistrées chez les mammifères marins (Wagemann et collab., 1983).

Au chapitre des effets potentiels sur la santé humaine, le transfert en aval du méthylmercure par suite de l'inondation des terres en amont des barrages hydroélectriques revêt une importance particulière, car le méthylmercure contamine les cours d'eau se jetant dans l'écosystème de l'Arctique, pénètre dans les chaînes alimentaires et, finalement, touche les humains vivant dans cet écosystème (Wagemann et collab., 1988).

Les dépôts acides

Parmi les innombrables problèmes liés au transport à grande distance des polluants atmosphériques, le mieux

[illegible]

Répartition des radionucléides dans l'écosystème arctique

	Écosystème marin	Écosystème d'eau douce	Écosystème terrestre
Voie de pénétration	• Advection par les courants océaniques en provenance de la surface de l'océan Atlantique et de la mer de Béring	• Atmosphère (précipitations), érosion des rives et lessivage	• Atmosphère (précipitations) et présence naturelle
Base de données	• Limitée	• Limitée	• Modeste
Niveaux	• Les niveaux de césium-137 près du pôle Nord en 1979 étaient de 24 Bq/kg (Muir et collab., sous presse).	• Certaines hausses localisées ont été observées près d'anciens sites miniers (Thomas et collab., sous presse).	• Relativement faibles • Les niveaux les plus élevés de césium-137 et de strontium-90 ont été observés dans le lait du caribou d'Arviat, parmi tous les animaux sauvages étudiés (Wong, 1985*a*).
Tendances temporelles	• Les niveaux ont diminué régulièrement depuis le moratoire de 1963 sur les essais d'armes nucléaires (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*).	• Les niveaux ont diminué régulièrement depuis le moratoire de 1963 sur les essais d'armes nucléaires (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*).	• Les niveaux ont sensiblement diminué au cours des deux dernières décennies et sont en général inférieurs à 300 Bq/kg (Taylor et collab., 1988).
Tendances spatiales	• Aucune information	• Dissémination généralisée	• La charge la plus élevée de césium-137 a été observée entre 60° et 70° de latitude N dans le principal habitat du caribou (Hutchison-Benson et collab., 1985). • En 1986, les niveaux de césium-137 variaient entre 51 Bq/kg chez le caribou de Cambridge Bay et 1 100 Bq/kg chez celui de la rivière George (Québec) (Taylor et collab., 1988). • Après l'accident nucléaire de Tchernobyl, le niveau de césium-137 chez le renne de Scandinavie s'élevait à 30 000 Bq/kg (Thomas et collab., sous presse).

connu et l'un des plus sérieux est celui des dépôts acides, qui résultent principalement de la réaction entre la vapeur d'eau et les oxydes de soufre et les oxydes d'azote rejetés par la plupart des sources de combustion (voir le chapitre 24). En 1979 et 1980, on estime qu'environ 96 % des apports de soufre dans l'Arctique ont eu lieu durant l'hiver, lorsque les courants atmosphériques sont plus propices au transport à grande distance des polluants rejetés par les centres industriels d'Eurasie (Barrie et collab., sous presse). Bien que le dépôt de sulfate causé par les précipitations acides soit inférieur à 3 kg/ha (Statistique Canada, 1991) et que les niveaux d'acidité soient de 10 à 20 fois plus faibles que ceux enregistrés dans les régions de fort impact situées plus au sud dans l'est du Canada (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1991), il n'en demeure pas moins qu'une charge excessive et continue d'acide dans l'écosystème arctique peut mener à la mobilisation progressive des substances toxiques ou nocives

TABLEAU 15.4

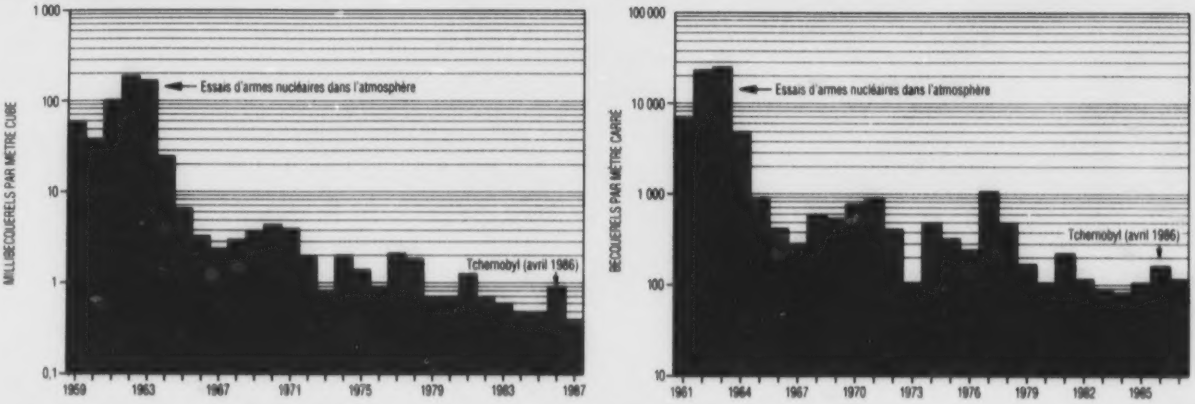
Niveaux moyens de césium-137 dans le tissu musculaire du caribou des principales hardes de l'Arctique canadien

Région	Harde	Lieu	Niveau (Bq/kg tissu humide) 1962–66	1986–88
Arctique de l'Ouest	Bathurst	Yellowknife	2 000	450
	Bluenose	Inuvik	800	140
	Porcupine	Delta du Mackenzie	800	40
		Eagle Plains (É-U.)	–	50
		Old Crow	500	–
		Arctic Village (É-U.)	–	130
Arctique de l'Est et archipel	Baffin	Pond Inlet	400	40
		Iqaluit	–	290
	Beverly	Lac Tent	1 000	320
	Kaminuriak	Baker Lake	–	220
		Rankin Inlet	2 000	210
		Arviat	2 000	350
	Melville	Repulse	2 000	350
	Île Victoria	Cambridge Bay	–	45
	Île Southampton	Coral Harbour	–	170
	Îles Belcher	Sanikiluaq	–	55
Québec et Labrador	Riv. George	Riv. Caniapiscau	–	740
		Riv. George	–	280
		Kuujjuak	–	10
		Rivières aux Feuilles	–	520

Source : Thomas et collab., sous presse.

FIGURE 15.4

Niveau de radioactivité atmosphérique moyen et dépôt annuel moyen de matières radioactives dans l'Arctique canadien



Source : Santé et Bien-être social Canada, 1988.

tels les métaux lourds. Durant l'hiver, les acides peuvent s'accumuler dans la couverture de neige (voir le chapitre 24); libérés au printemps, ces acides peuvent constituer une menace pour les écosystèmes d'eau douce et avoir une incidence sur les chaînes alimentaires et la santé humaine.

En 1985, le Canada, les États-Unis et l'Union soviétique ont convenu en principe de réduire de 30 % les émissions de dioxyde de soufre; d'ici 1994, le Canada diminuera ses émissions intérieures à 50 % des niveaux de 1980 (Gouvernement du Canada, 1990).

La brume arctique

La « brume arctique », un phénomène de pollution atmosphérique hivernal observé pour la première fois dans les années 1950, est un brouillard brun rougeâtre composé de minuscules particules solides ou liquides renfermant une grande diversité de polluants et de composés naturels, dont des sulfates, de la suie et des hydrocarbures ainsi que des matières naturelles (voir le chapitre 2). En hiver, les vents dominants transportent les contaminants des régions industrialisées d'Eurasie vers la région polaire. La présence de cette masse d'air conjuguée à d'autres conditions climatiques hivernales confine l'accumulation des polluants aux deux premiers kilomètres de la couche inférieure de l'atmosphère (voir le chapitre 2).

Bien que les niveaux de pollution dans l'Arctique en hiver soient moins élevés que ceux des centres urbains du sud du pays, les conséquences de la contamination de l'écosystème arctique peuvent être plus graves en raison de la vulnérabilité exceptionnelle de ce dernier. En plus de réduire la visibilité en hiver en raison de la densité élevée des particules dans l'atmosphère, la brume arctique accroît le rayonnement solaire piégé dans la troposphère. Ces effets, conjugués à l'opacité accrue des couches supérieures de la neige au sol, qui absorbe le rayonnement solaire, peuvent modifier le bilan radioactif, voire le climat de l'hémisphère Nord (Hilborn et Still, 1990).

Le réchauffement de la planète

Maintes activités humaines, notamment l'utilisation de combustibles fossiles et le déboisement, ont accru la capacité de l'atmosphère de retenir la chaleur en amplifiant l'effet de serre naturel (voir le chapitre 22). Se fondant sur des modèles climatiques pour prévoir les régimes de températures et de précipitations du globe associés au doublement des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone — le gaz à effet de serre le plus préoccupant —, les scientifiques prédisent que les changements les plus prononcés se produiront sous les hautes latitudes, en particulier dans l'Arctique (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990) (voir la figure 15.5).

On prévoit que les températures estivales moyennes dans l'Arctique ne subiront qu'une légère hausse, peut-être de 0,5° C seulement; en revanche, les températures hivernales augmenteraient de façon spectaculaire, au moins deux fois plus que la moyenne planétaire et peut-être même de 8 à 10° C (Environnement Canada, 1989*b*). Cette hausse, qui ne semble pas excessive en regard des fluctuations journalières ou saisonnières que nous subissons sous l'action des régimes météorologiques normaux, est cependant énorme pour l'Arctique, où même un réchauffement de 1° C de la température moyenne pourrait avoir des répercussions majeures. Ainsi, durant la dernière période glaciaire, les températures moyennes du globe n'étaient

Répartition des métaux lourds dans l'écosystème arctique

	Écosystème marin	Écosystème d'eau douce	Écosystème terrestre
Voie de pénétration	• Atmosphère (précipitations)	• Atmosphère (précipitations) et présence naturelle	• Atmosphère (précipitations) et présence naturelle
Base de données	• Volumineuse surtout pour le mercure	• Volumineuse surtout pour le mercure	• Limitée
Concentrations	• Les concentrations moyennes de cadmium chez le narval de la baie de Baffin sont de 63,5 ppm (Wagemann et collab., 1983), près de la limite critique (Centre de recherche pour la surveillance et l'évaluation, 1980) et parmi les plus élevées du monde. • On observe des concentrations élevées de plomb (24 ppm) et de zinc (280 ppm) chez l'oursin près de la mine de Nanisivik (Fallis, 1982). • Des concentrations élevées de mercure ont été observées chez le phoque barbu de l'île Victoria en 1973: 143 ppm par rapport à 26 ppm chez le phoque de la baie d'Hudson (Wong, 1985*a*). • Les concentrations de mercure sont élevées chez le chabot de Tuktoyaktuk et du détroit de Strathcona (0,18–0,21 ppm, poids humide) (Muir, 1985). • On a détecté la présence de sélénium chez le hareng du Pacifique de Tuktoyaktuk (3,26 ppm) et le chabot du détroit de Strathcona (4,78 ppm, poids humide) (Wong, 1985*a*).	• Les concentrations de mercure chez le poisson atteignent jusqu'à 3 ppm (Wong, 1985*a*). • Le touladi de la rivière Ellice présente une concentration moyenne de mercure de 4 ppm (Wong, 1985*a*). • On observe des augmentations localisées de l'arsenic dans les eaux arctiques près de certaines installations minières (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*) • L'omble chevalier du nord de l'île de Baffin présente les concentrations suivantes: arsenic, 0,7 ppm; cadmium, 2,0 ppm; et cuivre, 87 ppm (Wong, 1985*a*).	• En 1973, les concentrations de mercure chez le caribou étaient de 0,2 ppm, ce qui est peu élevé par rapport à celles présentes chez le renard arctique (0,76 ppm) et le loup (0,24 ppm) (Wong, 1985*a*).
Tendances temporelles	• Les concentrations de mercure chez le béluga du delta du Mackenzie étaient à leur minimum en 1972 et à leur maximum en 1978, ce qui coïncidait, dans ce dernier cas, avec une pointe d'activité de l'industrie des hydrocarbures (Wagemann et collab., sous presse). • Les concentrations de plomb mesurées dans les organismes bivalves fossilisés et actuels du fjord de Pangnirtung révèlent une augmentation de 500 % (Muir et collab., 1991), ce qui correspond à l'augmentation mondiale observée depuis la révolution industrielle. • Rien n'indique qu'il y ait eu une hausse des teneurs en mercure sur une longue période (Wong, 1985*a*).	• Aucune information	• Aucune information
Tendances spatiales	• Sur une échelle mondiale, les concentrations de mercure dans le pelage de l'ours blanc sont le plus élevées dans l'Arctique canadien et le plus faibles en Union soviétique (Renzoni et Norstrom, 1990). • Les concentrations de mercure sont le plus élevées chez l'ours blanc dans l'Arctique de l'Ouest et le plus faibles chez celui de la baie d'Hudson (Wong, 1985*a*). • Les concentrations de mercure dans le foie de l'ours blanc diminuent un peu, de la mer de Beaufort au détroit de Barrow (Norstrom et collab., 1985). • Les concentrations de mercure sont plus élevées chez le béluga de l'Arctique de l'Ouest que chez celui de la baie d'Hudson (Wong, 1985*a*). • Les concentrations de mercure chez le phoque annelé de l'Arctique de l'Ouest sont 10 fois plus élevées que chez le phoque de l'Antarctique et 10 fois moins élevées que chez le phoque de Norvège (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1990*b*). • Le foie du phoque barbu de l'île Victoria, dans l'Arctique de l'Ouest, contient la charge de mercure la plus élevée de tous les mammifères marins: elle atteint 143 ppm, comparativement à 26 ppm chez le phoque barbu de la baie d'Hudson (Smith et Armstrong, 1978). • On observe les concentrations moyennes les plus élevées de mercure et de sélénium dans le Haut-Arctique (Wong, 1985*a*). • Les concentrations de cadmium chez l'ours blanc augmentent d'ouest en est, ce qui corrobore l'hypothèse de l'origine partiellement naturelle des concentrations élevées près de l'île de Baffin (Wong, 1985*a*).	• On trouve des métaux lourds dans toutes les eaux douces. • Les concentrations de mercure chez le poisson arctique sont cinq fois plus élevées que chez le touladi des Grands Lacs (Gouvernement du Canada, 1991). • À Tuktoyaktuk, la concentration de cadmium atteint 40,3 ppm chez le corégone, ce qui est de 10 à 1 000 fois plus élevé que dans le reste des Territoires du Nord-Ouest (Wong, 1985*a*). • Les concentrations de mercure sont généralement plus élevées chez le poisson de l'Arctique québécois que chez le poisson des eaux intérieures des Territoires du Nord-Ouest (1–3 ppm) (Wong, 1985*a*).	• Aucune information

FIGURE 15.5

Certains impacts prévus du réchauffement planétaire sur l'Arctique

Remarque : La limite de la végétation arborescente coïncide avec la limite sud de l'Arctique

Sources : Anderson et Reid, 1989; Egginton et Andrews, 1989.

que de 5 à 7° C plus basses que les températures actuelles. Au cours du siècle dernier, on a enregistré une augmentation d'environ 0,5° C de la température moyenne à la surface du globe (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990), et l'on constate des signes directs d'un réchauffement dans certaines régions de l'Arctique. Les courbes des températures mesurées dans le pergélisol de l'Alaska indiquent un réchauffement régional de 2 à 4 ° C durant la même période, ce qui est au moins quatre fois supérieur à la moyenne mondiale. L'étude des températures saisonnières moyennes de deux périodes de quinze années (1959–1973 et 1974–1988) dans l'Arctique canadien ne permet de dégager aucune différence significative en été, sauf dans les régions arctiques du Québec et du Labrador, où le réchauffement a été de l'ordre de 0,5° C. Au printemps et en hiver, on a généralement assisté à un refroidissement modeste dans l'Arctique (Hengeveld, 1991).

La perspective d'un réchauffement à long terme de l'Arctique a suscité de vives préoccupations quant aux éventuels impacts physiques, biologiques et socio-économiques de ce phénomène. Le tableau 15.6 résume les répercussions les plus probables.

À première vue, les effets du réchauffement planétaire pourraient sembler bénéfiques pour l'Arctique, dont le climat serait alors moins rigoureux et l'accès plus aisé; cependant, les impacts négatifs potentiels décrits au tableau 15.6 pourraient entraîner la disparition des caractéristiques qui contribuent précisément à l'unicité de l'Arctique. La rigueur du climat a favorisé l'isolement de cette région, ce qui a permis la préservation de sa faune et sa flore et le maintien de ses habitants autochtones et de leur culture. En « entrouvrant » les barrières naturelles de l'Arctique, le réchauffement climatique réduirait cet isolement et mettrait en péril ces caractéristiques exceptionnelles.

[illegible]

Impacts prévus du réchauffement planétaire sur l'écosystème arctique

Type d'impacts	Impacts prévus
Physiques	• La partie terrestre de l'Arctique repose presque entièrement sur une base gelée en permanence (pergélisol). Une partie de cette base fondrait, ce qui augmenterait le volume de la couche active, perturberait les régimes de drainage naturels et libérerait du méthane, amplifiant ainsi l'effet de serre. • La limite de la végétation arborescente se déplacerait graduellement vers le nord, selon les caractéristiques du sol, sur une distance maximum de 750 km dans le district de Keewatin et à une vitesse de migration de 100 à 250 km par décennie, soit 25 fois plus rapidement que dans des conditions normales. • Nombre de régions connaîtraient des changements sensibles au chapitre de la disponibilité de l'eau du fait de la modification des régimes des précipitations. • Les lacs pourraient être exempts de glaces jusqu'à 120 jours de plus à l'automne et 15 jours de plus au printemps. • La dilatation thermique des océans et la fonte des glaciers pourraient hausser le niveau moyen de la mer de 0,5 m ou plus, provoquant l'érosion des plages et des inondations lors de tempête, en particulier sur les côtes de la mer de Beaufort. • L'étendue de la glace de mer diminuerait. • Le brouillard et la neige seraient plus fréquents sur le littoral.
Biologiques	• Un déplacement de la limite de la végétation arborescente vers le nord réduirait de 15 à 20 % l'écozone arctique; ainsi, les peuplements végétaux de la toundra arctique seraient principalement confinés à l'archipel Arctique. • Un déplacement de la limite de la végétation arborescente vers le nord accroîtrait la compétition entre les hardes de caribous de la toundra du continent pour les territoires privilégiés de mise bas, ce qui pourrait avoir des effets néfastes sur les populations des hardes. • L'omble chevalier et les autres espèces des eaux froides seraient touchés par l'élévation de la température des lacs, laquelle favoriserait la migration vers le nord d'espèces méridionales comme l'omble de fontaine, qui font concurrence aux populations existantes. • Le réchauffement de l'océan et la récession de la banquise pourraient élargir l'aire de répartition de certains mammifères marins, notamment le béluga et la baleine boréale, le phoque commun, le phoque du Groenland et le morse, et accroître leur nombre. • L'ours blanc, le phoque annelé et le phoque barbu ayant besoin d'étendues de glace pour se reproduire, se nourrir et pour d'autres fonctions liées à l'habitat, la récession de la banquise pourrait entraîner une diminution de leur population. • Les chutes de neige plus abondantes et le réchauffement des températures hivernales (moyenne inférieure à 0° C) formeraient une croûte de neige qui empêcherait les populations de caribous et de bœufs musqués d'avoir accès à la végétation clairsemée de la toundra. • L'Arctique est, dans l'hémisphère occidental, une des principales régions de reproduction et de mue des oiseaux de mer et de la sauvagine; les habitats côtiers peu élevés de ces espèces pourraient être touchés par la détérioration du pergélisol et par la hausse du niveau de la mer, ce qui provoquerait la pénétration de l'eau salée. • Comme les étendues d'eaux libres entre les îles arctiques seraient plus vastes et que la saison des glaces serait moins longue, le caribou, le renard arctique, le loup et les autres animaux terrestres auraient plus de difficultés à se déplacer et, donc, moins d'occasions de trouver un habitat durable et de nouvelles sources de nourriture.
Socio-économiques	• La fonte du pergélisol pourrait endommager les routes, les bâtiments et d'autres ouvrages; de plus, l'exploitation des gisements terrestres de pétrole et de gaz pourrait être plus complexe et plus coûteuse. • Les habitats des poissons et de la faune seraient perturbés, puisque l'intensité des activités de chasse, de pêche et de piégeage dans des régions données est largement déterminée, à l'heure actuelle, par l'accessibilité de ces régions à partir des localités. • La réduction de la superficie couverte par les glaces, combinée à une moins longue saison des glaces, pourrait avoir des avantages économiques pour ce qui est de l'exploitation des gisements d'hydrocarbures en mer, du tourisme, des loisirs et du transport maritime, car la saison de navigation serait alors prolongée de six à huit semaines. • Le passage du Nord-Ouest pourrait devenir une voie de navigation viable en été; en revanche, les changements touchant le milieu marin pourraient avoir diverses répercussions, dont une mer plus agitée, un brouillard plus fréquent et une augmentation du nombre d'icebergs. • Une élévation du niveau de la mer aurait de lourdes conséquences pour plus de la moitié des collectivités arctiques, lesquelles sont situées sur la côte, la plupart sur un terrain plat à peu près au niveau de la mer; il serait nécessaire de mettre en œuvre des mesures de protection considérables et coûteuses pour les protéger des inondations.

Sources : Gates et collab., 1986; Harrington, 1986; Egginton et Andrews, 1989; Hammar, 1989; Maxwell et Barry, 1989; Sheehy et Chouinard, 1989; Anderson et Reid, 1989, 1991; Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990.

L'appauvrissement de la couche d'ozone

Après la surprenante découverte de l'existence d'un trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique (voir le chapitre 23), il était naturel de chercher un phénomène similaire au-dessus de l'Arctique. En 1986, on a observé dans l'Arctique ce qui semblait être un appauvrissement printanier similaire, quoique moins prononcé (de l'ordre de 4 à 10 %), de la couche d'ozone, cette mince enveloppe de gaz qui permet le maintien de la vie sur notre planète (voir le chapitre 23). Selon une étude récente, il y a eu au cours de l'hiver 1989 une perte localisée d'ozone allant jusqu'à 50 %, assortie de concentrations très élevées du principal indicateur d'un appauvrissement marqué de l'ozone, le monoxyde de chlore (Environnement Canada, 1989*c*).

Sous l'effet de la circulation atmosphérique, la portion arctique de la stratosphère reçoit des polluants qui s'attaquent déjà à la couche d'ozone dans d'autres parties du monde. Ce phénomène n'ayant été découvert que récemment, on le connaît mal et ses répercussions sur les écosystèmes arctiques ne sont pas encore clairement déterminées.

LES RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ HUMAINE

« Nous sommes ce que nous mangeons. Auparavant, les Inuit pensaient que ce qu'ils mangeaient était bien et on leur apprend maintenant que ce n'est pas vrai. C'est très inquiétant. »

Ruby Arngna'naaq,
Inuit Tapirisat du Canada

Les contaminants atteignent des concentrations en général plus faibles dans l'Arctique que dans la partie méridionale du Canada, mais leurs effets possibles sur la santé humaine n'en sont pas moins extrêmement préoccupants. Ces inquiétudes viennent surtout du fait que les populations autochtones de l'Arctique consomment des « aliments locaux », c'est-à-dire des viandes et du poisson de la région, lesquels constituent leurs principales sources d'énergie et d'éléments nutritifs. On a montré que les espèces consommées renferment des concentrations élevées de contaminants d'origine anthropique (Thomas et Hamilton, 1987; Muir et collab., 1988*a*; Thomas, 1990), notamment dans leurs tissus adipeux, qui tendent à accumuler et à retenir les contaminants liposolubles tels les composés organochlorés. De fait, les autochtones de l'Arctique consomment régulièrement des parties d'espèces chassées ou pêchées que Santé et Bien-être social Canada considère comme non comestibles [p. ex., le pannicule adipeux (petit lard) de mammifères marins] et qui contiennent une fraction importante de la charge de contaminants (Wong, 1985*a*).

L'information sur les habitudes alimentaires des Inuit est pratiquement inexistante, hormis une étude limitée portant sur la collectivité de l'île Broughton, dans les Territoires du Nord-Ouest; cependant, les données relatives à l'exploitation de la faune peuvent fournir certaines indications sur ces habitudes. La consommation d'aliments locaux par habitant est élevée et elle est encouragée par les gouvernements fédéral et territoriaux. Par exemple, dans les régions de Keewatin, de Kitikmeot et de l'île de Baffin, cette consommation est évaluée à 267 kg par personne et par année, ce qui représente plus du double de la consommation moyenne estimative de viande et de poisson à l'échelon national (117 kg) (Wong, 1985*a*). Par conséquent, la contamination de ces aliments menace la santé des personnes qui les consomment.

Les composés organochlorés

De tous les contaminants d'origine extérieure présents dans l'Arctique, les composés organochlorés semblent représenter la menace la plus sérieuse pour la santé humaine en raison de leur rémanence dans l'environnement, de leur bioamplification marquée, de leur haute toxicité intrinsèque générale, de leur utilisation répandue et de leur tendance prononcée à s'accumuler dans les tissus adipeux des animaux. Il est difficile d'évaluer dans quelle mesure ces composés ont des répercussions sur la santé humaine, étant donné que les effets varient selon le taux et la durée d'exposition ainsi que selon certaines caractéristiques individuelles, notamment l'âge, le sexe, le poids corporel, la physiologie et la sensibilité aux contaminants (Wong, 1985*a*). Jusqu'ici, le DDT et les BPC sont les seuls composés dont les effets sur la santé ont été étudiés pendant plus de cinq ans. Le problème des BPC examiné ci-dessous illustre les répercussions possibles de la présence de composés organochlorés dans les chaînes alimentaires arctiques.

Les BPC subissent une bioamplification dans les chaînes alimentaires en raison de leur grande rémanence chimique, de leur stabilité dans les systèmes biologiques et de leur liposolubilité (Muir et collab., 1988*a*). La bioamplification des BPC dans l'eau de mer s'effectue à chaque maillon de la chaîne alimentaire; ainsi, les concentrations de BPC dans le pannicule adipeux des mammifères marins de l'Arctique canadien sont environ 400 millions de fois plus élevées que celles des eaux de l'océan Arctique (figure 15.6). On peut donc relever des concentrations relativement élevées dans les tissus animaux consommés par les habitants du Nord, même lorsque les apports de l'extérieur de l'Arctique sont faibles. La grande longévité des espèces telles que l'ours blanc et la baleine, conjuguée à la forte dépendance intraspécifique et extraspécifique — y compris l'espèce humaine — vis-à-vis des réserves adipeuses rend les écosystèmes arctiques particulièrement vulnérables à ce type de contamination.

Jusqu'à présent, aucun cas d'intoxication aiguë par les BPC n'a été signalé chez les résidants de l'Arctique. En outre, aucune tentative n'a été faite pour détecter soit une intoxication aiguë, soit les conséquences plus subtiles de l'ingestion à long terme de BPC à des concentrations insuffisantes pour provoquer des symptômes ou des signes cliniques. Les effets d'une exposition alimentaire chronique aux BPC sur les fonctions normales du système nerveux central et du système immunitaire et les risques de cancer qui en résultent chez les humains sont incertains (Kinloch et collab., 1988) (voir l'encadré 15.2). Dans le cas des personnes qui consomment du poisson et des mammifères marins de l'Arctique, on se préoccupe surtout des fœtus et des nourrissons, les premiers étant plus sensibles et les seconds présentant une charge de contaminants plus élevée par kilogramme (Fein et collab., 1984). Des femmes du Michigan qui consommaient de grandes quantités de poisson des Grands Lacs contaminés par les BPC (leur absorption journalière de BPC excédait

1 µg par kilogramme de poids corporel) avaient une période de gestation plus courte et donnaient naissance à des nouveau-nés ayant un poids réduit, un périmètre crânien plus petit et un développement neuromusculaire déficient (Fein et collab., 1984).

Les radionucléides

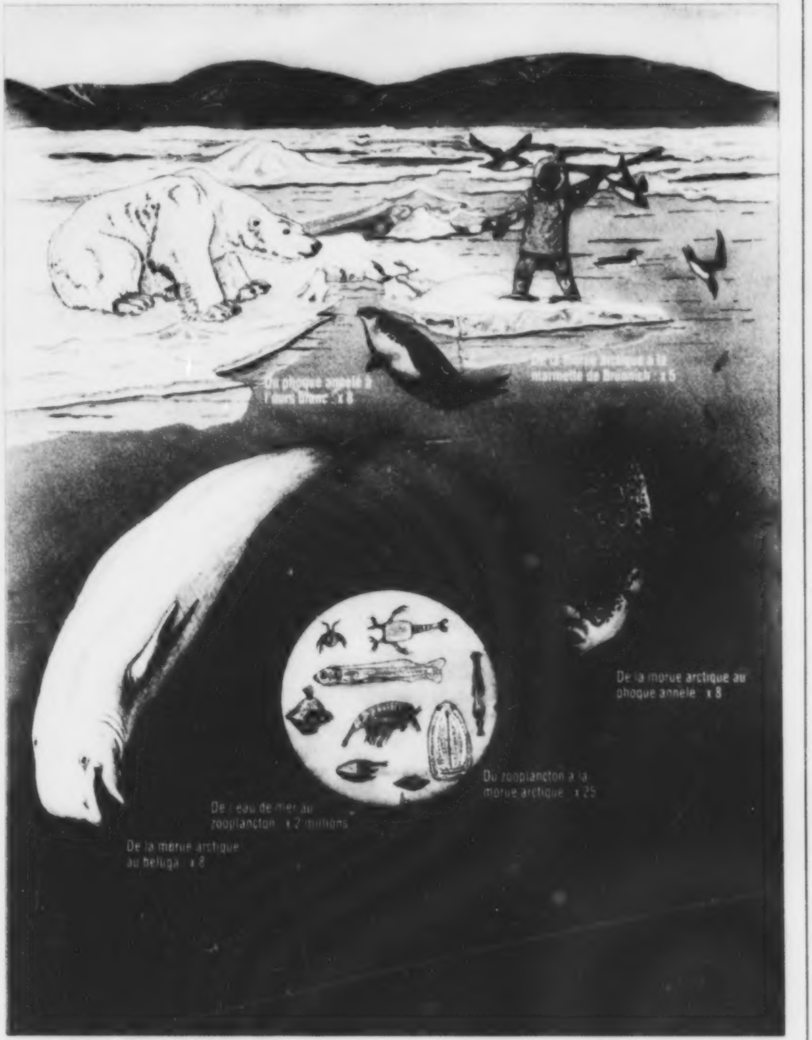
Les radionucléides constituent un sujet d'inquiétude dans la région arctique, car les autochtones consomment de la viande de caribou, une espèce qui se nourrit presque exclusivement de lichens, lesquels ont une forte tendance à retenir les retombées radioactives. Les niveaux de césium-137 dans le tissu musculaire du caribou ont diminué de manière appréciable au cours des deux dernières décennies, sans toutefois disparaître complètement (voir le tableau 15.4) (Thomas et collab., sous presse).

Après la catastrophe de Tchernobyl survenue en avril 1986, on a mesuré la radioactivité du césium-137 dans la viande de caribou provenant de différents endroits de l'Arctique et les résultats indiquent que cet accident était à l'origine d'environ 25 % de la contamination par le césium-137. Le reste était attribuable à la radioactivité résiduelle des retombées provenant des essais d'armes nucléaires effectués dans les années 1960. Dans un autre écosystème arctique géographiquement plus proche de Tchernobyl, les résultats ont été plus inquiétants que dans l'Arctique canadien. La contamination prononcée des pâturages du renne de Scandinavie a eu pour effet de contaminer sérieusement le renne lui-même (30 000 Bq de césium-137 par kilogramme), au point où des milliers d'animaux, devenus impropres à la consommation humaine, ont dû être abattus (Thomas et collab., sous presse).

Si l'on suppose une consommation annuelle moyenne de viande de caribou dans l'Arctique de 100 kg par habitant, l'exposition en 1986–1987 aux radiations de Tchernobyl peut être évaluée à 0,1–1 mSv, selon l'endroit. La Commission internationale de radioprotection (1979) a établi la dose limite d'exposition de la population à la radioactivité émise par une source contrôlée à 1 mSv par an sur une durée de vie de 70 ans; dans ces conditions, une personne sur 100 000 risque d'être atteinte d'un cancer mortel (Johnson et Tutian, 1985). Par conséquent, ce risque pour une personne consommant 100 kg de viande de caribou varie de 1 sur 100 000 à 1 sur 1 000 000 dans les collectivités arctiques, tandis que le risque de cancer inhérent au mode de vie dans l'ensemble de la population canadienne est de 1 sur 4 (Institut national du cancer du Canada, 1989). Le risque de cancer lié à la consommation de viande de caribou contaminée par le césium-137 est si minime qu'il est inutile pour les humains d'éliminer cette viande de leur alimentation; ce problème sert toutefois à illustrer le fait que des événements qui se déroulent en des points éloignés de l'Arctique

FIGURE 15.6

Bioamplification des BPC dans l'Arctique



Source : Affaires indiennes et du Nord Canada.

[illegible]

Une étude régionale : Broughton Island, dans les Territoires du Nord-Ouest

Dans le but d'évaluer les risques que pourrait présenter la consommation d'aliments locaux contenant des BPC pour la santé des habitants de l'Arctique, Santé et Bien-être social Canada a mené une série d'études en 1985, 1986 et 1987 à Broughton Island (voir la figure 15.1). Cette collectivité a été choisie comme site d'étude car, d'après les données sur les récoltes d'espèces fauniques, on y trouvait la consommation potentielle d'aliments locaux la plus élevée par habitant de toutes les collectivités de la région de l'île de Baffin (Kinloch et collab., 1988). Dans le cadre de ces études, on a procédé à une enquête exhaustive sur l'alimentation, mesuré les concentrations de BPC dans les différents aliments consommés, dans le sang et dans le lait maternel humains, et évalué la valeur nutritive des aliments locaux.

La figure 15.E2 illustre la consommation de différents types d'aliments locaux par les résidants inuit de sexe masculin et féminin. Le phoque, le caribou, le narval, le poisson et le morse représentaient au moins 90 % des aliments locaux consommés. La figure 15.E3 montre l'absorption journalière moyenne de BPC contenus dans les aliments locaux par les habitants. Sur la population étudiée, 15,4 % des hommes et 8,8 % des femmes absorbaient plus que la dose journalière admissible conditionnelle de BPC, établie par Santé et Bien-être social Canada à 1 µg par kilogramme de poids corporel. La dose journalière admissible est la quantité d'un produit chimique qui, selon les toxicologues, peut être consommée sans danger chaque jour par un être humain tout au long de sa vie; le dépassement de cette dose ne signifie pas qu'une personne risque de ressentir des effets nocifs liés à l'ingestion d'un contaminant, mais simplement que la marge de sécurité est réduite.

Selon les résultats de l'étude, les concentrations de BPC dans les prélèvements sanguins étaient supérieures aux doses « admissibles » (établies par Santé et Bien-être social Canada) chez 63 % des enfants de moins de 15 ans, chez 39 % des femmes âgées de 15 à 44 ans, chez 6 % des hommes de 15 ans et plus et chez 29 % des femmes de 45 ans et plus. Par ailleurs, on a trouvé dans un quart des échantillons de lait maternel des valeurs supérieures aux concentrations de BPC « admissibles »; dans le reste des échantillons, les concentrations de BPC étaient inférieures à la moyenne nationale. Une étude portant sur les femmes inuit du Nouveau-Québec a révélé des concentrations de BPC dans le lait maternel cinq fois supérieures à celles observées chez les caucasiennes dans la partie sud du Canada (Dewailly et collab., 1989). Les femmes inuit prenaient en moyenne 18 repas de poisson d'eau douce, 10 repas de mammifère marin et 9 repas de poisson de mer par mois.

Les aliments locaux ont une valeur nutritive supérieure à celle des aliments commerciaux (provenant du Sud); leur substitution peut entraîner des carences alimentaires et les problèmes de santé qui leur sont associés. On sait que le passage de la consommation d'aliments locaux à un régime alimentaire de type « canadien du Sud » comporte des risques d'obésité, de diabète, de cardiopathie et de cancer. Par conséquent, même si le régime alimentaire traditionnel des Inuit entraîne des risques pour la santé du fait de la présence de BPC dans les aliments, les éléments nutritifs associés à ce régime représentent un avantage considérable. Compte tenu des informations actuelles, les bienfaits des aliments locaux et de l'allaitement maternel pour les résidants de Broughton Island sont supérieurs aux risques résultant de la présence de BPC dans ces mêmes aliments ou dans le lait maternel (Kinloch et collab., 1988).

peuvent, sous l'effet du transport atmosphérique à grande distance, avoir rapidement un impact important sur l'écosystème arctique.

Le mercure

Des études menées en 1984 dans la zone d'aménagement de la phase I du projet hydroélectrique de la baie James ont révélé que le méthylmercure atteignait des concentrations dangereuses chez 64 % des Cris de Chisasibi, au Québec (Gorrie, 1990) et que les concentrations de mercure dans le poisson de la région comptaient parmi les plus élevées du monde. Non seulement le méthylmercure a-t-il des effets dommageables sur la santé des adultes, mais il peut aussi être transféré de la mère au fœtus (Organisation mondiale de la santé, 1990).

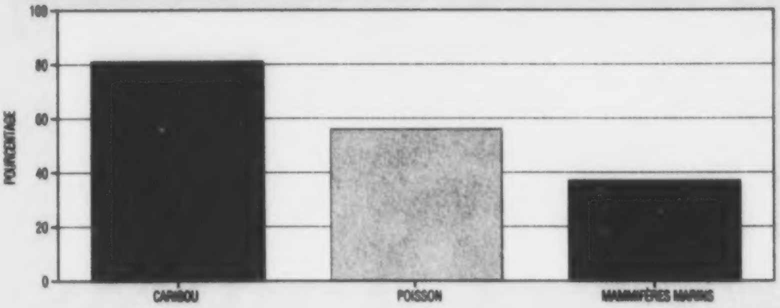
Entre 1971 et 1982, Santé et Bien-être social Canada a effectué l'étude la plus exhaustive jamais faite sur l'exposition des autochtones du Canada au mercure. Les teneurs en mercure du sang et des cheveux ont été mesurées chez les résidants de 350 collectivités dans l'ensemble du Canada (Wong, 1985*a*). Cette étude a montré que les teneurs en mercure des cheveux des résidants d'Igloolik étaient supérieures à celles des populations du Sud, mais aucun symptôme d'intoxication par le mercure n'a été observé. Dans une autre étude menée par ce ministère entre 1985 et 1987 à Broughton Island, dans les Territoires du Nord-Ouest (voir l'encadré 15.2), on a mesuré la teneur en méthylmercure des échantillons sanguins prélevés chez les résidants. Plus de 58 % des échantillons analysés contenaient des concentrations de mercure égales ou supérieures au niveau « préoccupant » de 20 ppb (Kinloch et collab., 1988); en outre, on a noté chez trois adultes de sexe masculin (1,5 % de la population) des concentrations supérieures au niveau « dangereux » de 100 ppb. On a observé des symptômes précoces d'une intoxication par le méthylmercure chez des adultes où les concentrations sanguines variaient entre 200 et 600 ppb (Clarkson et collab., 1975). Signalons, à des fins comparatives, que l'on a enregistré des concentrations sanguines de méthylmercure bien supérieures chez les résidants de l'ouest du Groenland, ces concentrations étant corrélées à la quantité d'aliments provenant d'espèces marines; le niveau d'exposition était si élevé que l'on prévoyait des effets cliniques (Hansen, 1981). La dépendance vis-à-vis des aliments locaux a amplifié les risques pour la santé de ces résidants.

Les déchets urbains

Les problèmes de santé causés par les déchets urbains peuvent être notables dans les collectivités où la récolte des ressources telles que les mollusques et les crustacés se fait dans des eaux contenant des coliformes fécaux et où les mammifères marins sont dépecés sur les rivages voisins. On ignore encore quelle peut être la relation entre les méthodes d'élimination des eaux usées, la consommation de viande contaminée et l'incidence des affections intestinales chez l'être humain (Stanley and Associates et Dobrocky Seatech, 1987).

FIGURE [illegible]

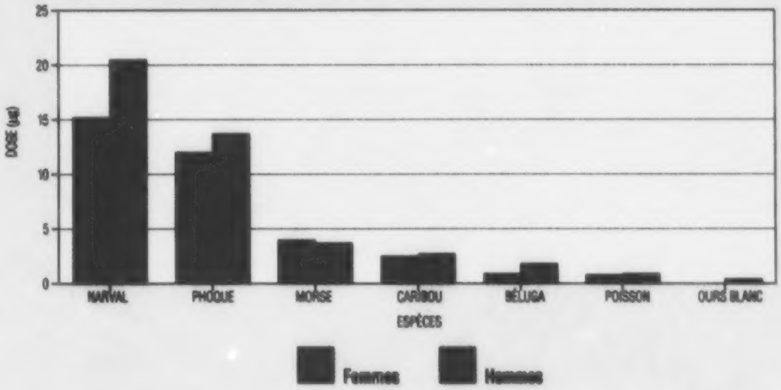
Consommation de différents types d'aliments locaux par les Inuit des Territoires du Nord-Ouest



Source : Wong, 1985a.

FIGURE 15.13

Dose journalière moyenne de BPC absorbée par le biais de différents aliments locaux par les Inuit de sexe masculin et féminin de Broughton Island, des les Territoires du Nord-Ouest



Source : Kinloch et collab., 1988.

LA GESTION DE L'ÉCOSYSTÈME ARCTIQUE

Au Canada, on assiste à une évolution marquée des rôles assumés par les différents ministères et organismes gouvernementaux en matière de gestion de l'Arctique. Après la signature de la Convention définitive des Inuvialuit, les Inuvialuit de l'Arctique de l'Ouest ont participé activement au maintien et à la préservation de l'environnement arctique des régions visées par l'entente. Au fur et à mesure de la redistribution des richesses et des pouvoirs qui accompagne le règlement des revendications territoriales, le ministère des Affaires indiennes et du Nord délègue aux gouvernements territoriaux les pouvoirs qu'il détenait sur l'Arctique; par conséquent, une coordination interinstitutionnelle efficace s'imposera si l'on veut s'attaquer aux grands problèmes environnementaux auxquels est confronté l'Arctique dans les années 1990.

La présente section décrit les mesures qui sont mises en œuvre ou qui sont en voie d'élaboration pour résoudre les problèmes environnementaux de l'Arctique. Environnement Canada (1986) a relevé 37 lois fédérales et 42 lois territoriales et provinciales renfermant des dispositions relatives à l'environnement et qui s'appliquent à l'Arctique. Au moins neuf ministères et organismes gouvernementaux fédéraux de même que les deux gouvernements territoriaux, quatre provinces, des organismes autochtones et plusieurs commissions spéciales et comités consultatifs participent directement à l'administration de mesures législatives relatives à l'exploitation des ressources du Nord et à la protection de l'environnement. La coordination et la gestion de ces activités dans l'Arctique relèvent au premier chef des Affaires indiennes et du Nord Canada.

À cette base législative s'ajoutent diverses politiques gouvernementales ayant un effet sur la protection du milieu naturel de l'Arctique, y compris des stratégies nationales sur l'environnement et la conservation ainsi que plusieurs accords internationaux.

La Stratégie de l'environnement arctique

Le gouvernement du Canada a désigné l'Arctique (les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon) comme une région où des mesures prioritaires s'imposent, notamment dans le domaine de l'environnement. À ce titre, l'Arctique

ENCADRÉ 15.3

Les revendications territoriales globales des autochtones

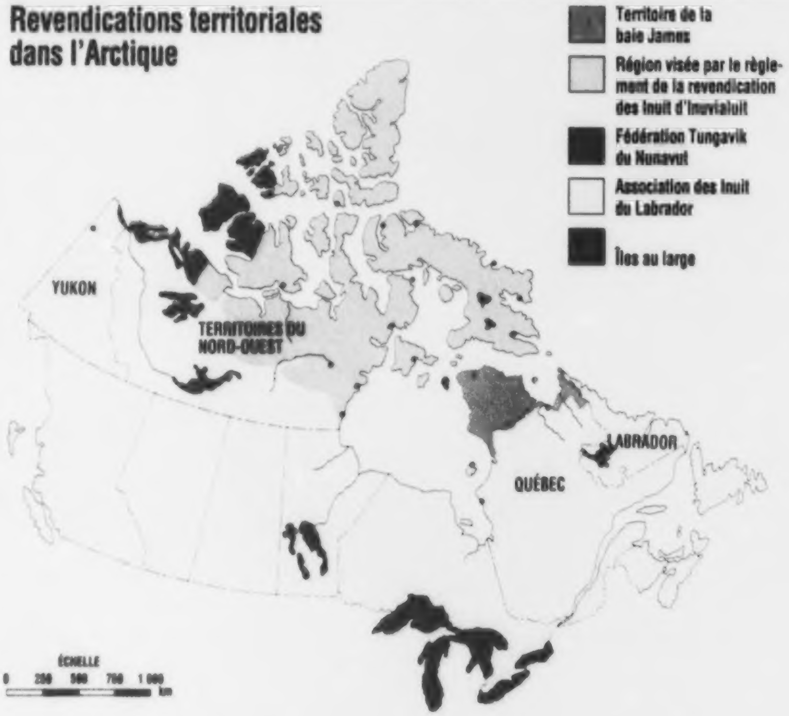
Au cours des dernières années, le règlement des revendications territoriales globales dans l'Arctique a constitué une étape décisive vers l'établissement de mécanismes de résolution des problèmes et de gestion durable des ressources.

Les Inuit et les Inuvialuit ont toujours revendiqué les liens particuliers les unissant à leurs terres comme l'un des fondements du caractère distinct de leur culture et de leur statut d'autochtones; ainsi, ils attachent une importance fondamentale à la reconnaissance de ces liens par un règlement des revendications fondé sur leurs droits ancestraux. Les conventions de règlement ont une grande portée; elles incluent des aspects tels que la propriété foncière, des droits de chasse, de pêche et de piégeage précis ainsi que des compensations financières. De telles revendications contribuent à clarifier les questions de droit à la propriété, à l'utilisation et à la gestion des terres et des ressources; dans cette optique, les conventions de règlement pourraient aider à concilier les exigences des autochtones en matière de développement économique et de bien-être culturel et social (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1987).

Deux conventions définitives — la Convention du Nord québécois de 1975 et la Convention définitive des Inuvialuit de 1984 — ont été négociées. Un accord de principe avec la Fédération Tungavik du Nunavut dans l'Arctique de l'est a été signé en 1990 (Crowe, 1990), sa ratification étant prévue pour octobre 1991. En novembre 1990, les Inuit du Labrador ont signé un accord-cadre qui servira de base à la négociation d'un accord de principe pour la revendication territoriale globale du Labrador (voir la figure 15.E4).

FIGURE 15.E4

Revendications territoriales dans l'Arctique



Source : Crowe, 1990.

fait l'objet d'une attention particulière dans *Le Plan vert du Canada* (Gouvernement du Canada, 1990). Partie intégrante du Plan vert, la Stratégie de l'environnement arctique rendue publique le 29 avril 1991 est un plan d'action destiné à régler les questions et les préoccupations du Nord canadien. Au cours des six prochaines années, le gouvernement s'est engagé à consacrer 100 millions de dollars à la mise sur pied d'un réseau de stations de surveillance destinées à suivre l'évolution de la pollution de l'eau, au nettoyage des dépotoirs de déchets dangereux et de déchets ordinaires (p. ex., Iqaluit et Coral Harbour dans les Territoires du Nord-Ouest), à l'étude et à la surveillance du transport à grande distance des contaminants tels que les BPC et le DDT dans l'Arctique, à la détermination des impacts des contaminants sur l'écosystème et des risques pour la santé et à l'intégration de l'environnement et de l'économie en aidant les collectivités nordiques à atteindre les objectifs fixés à cet égard (Affaires indiennes et du Nord Canada, 1991).

La Stratégie de l'environnement arctique servira de complément à d'autres initiatives qui englobent le développement durable, dont le règlement des revendications territoriales globales (voir l'encadré 15.3), la promulgation de lois et de règlements et la révision de la législation existante ainsi que le transfert aux gouvernements territoriaux des responsabilités de type provincial en matière de richesses naturelles.

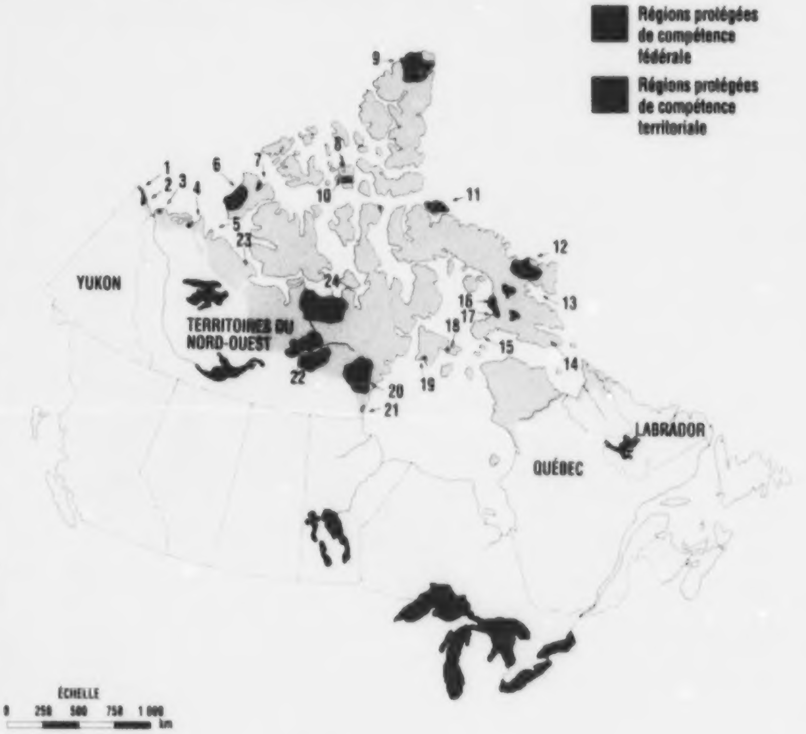
Le Plan vert prévoit également l'étude de l'évolution de la qualité de la couche d'ozone et des conséquences de cette évolution pour les écosystèmes arctiques. À cette fin, un observatoire sera établi d'ici 1992 dans le cadre d'un programme de recherche et de surveillance touchant la stratosphère mis sur pied par les nations arctiques.

Les stratégies de conservation

On travaille actuellement dans l'Arctique à l'élaboration de plusieurs stratégies de conservation en vue de

FIGURE 15.7

Régions protégées dans l'Arctique



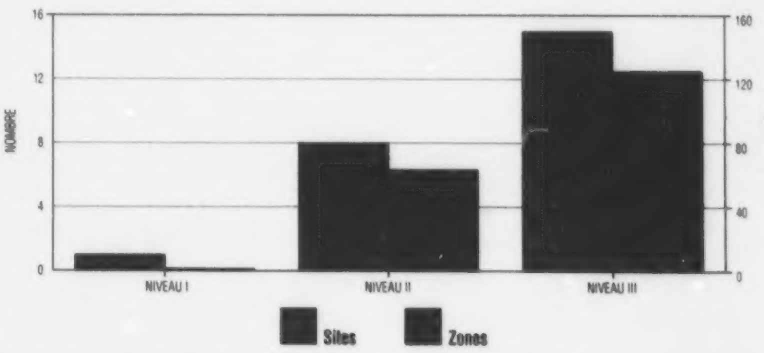
Nº	Site	Type
1	Nord du Yukon	Parc national
2	Île Herschel	Parc territorial
3	Île Kendall	Refuge d'oiseaux migrateurs
4	Delta de la rivière Anderson	Refuge d'oiseaux migrateurs
5	Cap Parry	Refuge d'oiseaux migrateurs
6	Île Banks nº 1	Refuge d'oiseaux migrateurs
7	Île Banks nº 2	Refuge d'oiseaux migrateurs
8	Île Seymour	Refuge d'oiseaux migrateurs
9	Île d'Ellesmere	Réserve de parc national
10	Polar Bear Pass	Réserve nationale de faune (site Ramsar)
11	Île Bylot	Refuge d'oiseaux migrateurs
12	Auyuittuk	Réserve de parc national
13	Pitsutinu Tugavik	Parc territorial
14	Sylvia-Grinnel	Parc territorial
15	Cape Dorset	Refuge d'oiseaux migrateurs
16	Dewey Soper	Refuge d'oiseaux migrateurs (site Ramsar)
17	Baie Bowman	Refuge faunique
18	Baie Est	Refuge d'oiseaux migrateurs
19	Harry-Gibbons	Refuge d'oiseaux migrateurs
20	Harde de Kaminuriak	Mesures de protection du caribou
21	Rivière McConnell	Refuge d'oiseaux migrateurs (site Ramsar)
22	Thelon	Refuge faunique
23	Bloody Falls	Parc territorial
24	Golfe de la Reine-Maud	Refuge d'oiseaux migrateurs (site Ramsar)

Sources : Anderson et Reid, 1991; Environnement Canada, 1990.

l'utilisation durable des ressources de la région (Smith, 1990), conformément aux recommandations formulées par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1987) et par deux groupes de travail canadiens, le Groupe d'étude de la conservation de l'environnement du Nord et le Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie (1987). Ces documents incluent la Stratégie de conservation du milieu marin de l'Arctique (gouvernement fédéral), les stratégies territoriales de conservation des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, la stratégie régionale de conservation des Inuit et celle de l'Indigenous Survival International et, enfin, la stratégie du Groupe d'étude de la conservation de l'environnement du Nord, composé de représentants des

FIGURE 15.8

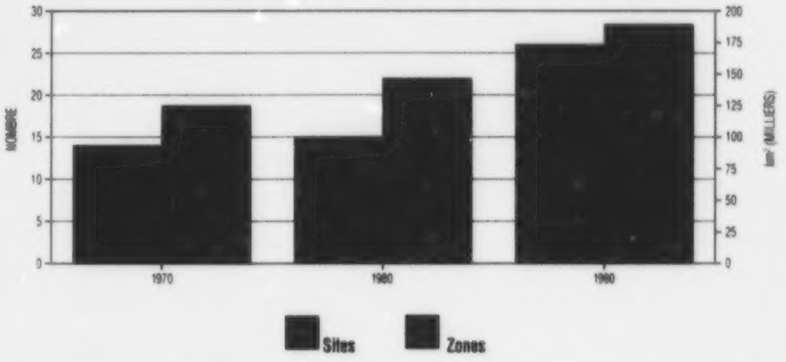
Niveau de protection des régions selon l'Alliance mondiale pour la nature



Source : Environnement Canada, 1990*b*.

FIGURE 15.6

Résumé chronologique des zones protégées



Source : Environnement Canada, 1990*b*.

TABLEAU 15.7

Les conventions et les accords internationaux

Accord	Date
Convention internationale pour la réglementation de la pêche à la baleine	1946
Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières	1972
Accord international sur la conservation des ours blancs	1973
Convention sur la prévention de la pollution des mers par les navires	1973
Convention pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique	1974
Commission économique des Nations Unies pour l'Europe : Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à distance	1979
Convention des Nations Unies sur le droit de la mer	1982
Accord de coopération entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du royaume du Danemark (Groenland) concernant le milieu marin	1983
Programme des Nations Unies pour l'environnement : Entente internationale pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique	1985
Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone	1986
Échange de lettres entre le Canada et la Norvège sur la coopération scientifique et technologique	1986
Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement des États-Unis sur la préservation de la harde de caribous de la Porcupine	1987
Accord canado-soviétique sur la coopération scientifique et technologique dans l'Arctique et dans le Nord	révisé en 1989
The Finnish Circumpolar Initiative on Protection of the Arctic Environment	1991

gouvernements fédéral et territoriaux ainsi que de groupes aborigènes des régions circumpolaires du monde.

Parmi les progrès réalisés jusqu'à présent, citons l'accord sur la gestion de l'ours blanc du Conseil inuvialuit de gestion du gibier — comté de North Slope, et l'achèvement d'un inventaire informatisé des zones de conservation, proposées et existantes, des Territoires du Nord-Ouest. Sont également en cours des négociations territoriales avec la Fédération Tungavik du Nunavut et des discussions sur les parcs proposés dans le nord de l'île de Baffin, sur l'île Banks, le lac Bluenose et la baie Wager dans les Territoires du Nord-Ouest, de même que dans les monts Torngat au Labrador (Environnement Canada, 1990*a*).

Les régions protégées

La figure 15.7 illustre les régions de l'Arctique qui bénéficient actuellement d'un statut protégé en vertu de la loi. Pour l'instant, les lois fédérales et territoriales protègent quelque 200 000 km², soit environ 8 % de l'écosystème arctique (Environnement Canada, 1990*b*). Le nombre de sites a presque doublé depuis 1970, et les sites considérés comme protégés rigoureusement (catégories I et II) par l'Alliance mondiale pour la nature (UICN) (voir le chapitre 7) représentent 4,8 % de l'écosystème arctique et couvrent une superficie de 65 000 km² (figures 15.8 et 15.9).

Par ailleurs, cinq sites de l'Arctique ont été désignés en vertu de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, ou Convention de Ramsar. Leur importance est reconnue sur le plan international, ce qui ne confère, en soi, aucune protection législative, quoique quatre d'entre eux se trouvent dans des sites protégés tels les refuges d'oiseaux migrateurs de la rivière McConnell, de la baie de la Reine-Maud et de Dewey Soper, de même que la réserve nationale de faune de Polar Bear Pass.

Les commissions d'aménagement du territoire

Les travaux d'aménagement foncier effectués dans les Territoires du Nord-Ouest et au Yukon seront intégrés dans les règlements des revendications territoriales (voir l'encadré 15.3). Dans l'Arctique, le plan d'aménagement de la région du détroit de Lancaster — le premier plan de ce type à être élaboré dans les Territoires du Nord-Ouet — a reçu l'approbation des gouvernements fédéral et territoriaux (Commission d'aménagement de la région du détroit de Lancaster, 1989); un plan préliminaire a été élaboré pour la mer de

Beaufort et le delta du Mackenzie ainsi que pour le district de Keewatin. Au Québec, on aura bientôt le plan d'aménagement du Nouveau-Québec pour les territoires situés au nord de 55° de latitude N.

L'exploitation sélective des ressources

Depuis des siècles, les résidants de l'Arctique pratiquent une chasse sélective des animaux pour leur viande ou pour leur peau. Aujourd'hui, on chasse également les animaux arctiques à des fins scientifiques ou sportives. Afin de préserver l'équilibre actuel, il importe de comprendre la dynamique des populations et les liens entre les écosystèmes et d'imposer des quotas de chasse réalistes pour éviter que certaines espèces ne soient mises en péril, c'est-à-dire qu'elles ne deviennent en voie de disparition ou menacées selon les critères du Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Par exemple, la baleine noire et la baleine boréale qui abondaient dans l'Arctique ont été chassées presque jusqu'à leur extinction au XIX^e siècle et au début du XX^e. Aujourd'hui, les espèces en voie de disparition comprennent la baleine boréale de l'Arctique de l'est, le béluga de la baie d'Ungava et du sud-est de Baffin, la population orientale de carcajous, deux populations de la harde de caribous de Peary et le courlis esquimau. Les espèces menacées comprennent la population de bélugas d'Eastmain, une population de la harde de caribous de Peary et le faucon pèlerin (voir le chapitre 6).

Les accords internationaux

La pollution de l'air causée par les régions industrialisées du monde étant la principale source des contaminants présents dans l'Arctique, une étroite collaboration à l'échelle internationale s'impose si l'on veut gérer et protéger adéquatement l'écosystème arctique. À cette fin, le Canada a signé nombre de conventions et d'accords multilatéraux et bilatéraux destinés à protéger l'écosystème arctique et ses ressources (tableau 15.7).

CONCLUSIONS

Dans l'ensemble, l'Arctique est un milieu plutôt résistant, ses écosystèmes s'étant adaptés à de grands écarts diurnes et saisonniers dans la température et l'ensoleillement. Quoiqu'il soit parvenu à conserver l'essentiel de sa pureté, l'Arctique n'en est pas moins vulnérable aux effets de la pollution et des autres activités humaines de la région et de l'extérieur. La perturbation d'une espèce ou d'un habitat en particulier peut mener à la disparition d'un niveau trophique entier d'un écosystème intrinsèquement instable du fait de la relative simplicité de ses chaînes alimentaires; le rétablissement peut s'échelonner sur plusieurs décennies, voire sur plusieurs siècles.

Au chapitre des sources ponctuelles de pollution dans l'Arctique, les impacts négatifs sur l'environnement sont d'ordinaire confinés au voisinage immédiat du centre d'activité. Les déchets d'origine anthropique constituent le problème le plus sérieux et ce, pour trois raisons : les méthodes inadéquates d'élimination utilisées dans l'Arctique, la lenteur relative des mécanismes de biodégradation et de détoxication des polluants chimiques dans l'écosystème arctique et la croissance démographique. Comme s'ils étaient figés pour l'éternité, les déchets abandonnés voilà des décennies souillent les plages de certaines îles arctiques désertes et lointaines où ils ont été transportés par les courants depuis différents centres d'activité septentrionaux. Plusieurs études ont été entreprises au cours de la dernière décennie afin de mieux définir et de résoudre le problème de la gestion des déchets existants, mais il faut intensifier les efforts dans ce domaine. Il faut également mener des études permettant de prévoir les conséquences environnementales et de poser les jalons d'une stratégie de prévention des problèmes futurs en matière de déchets.

L'Arctique est un indicateur privilégié de la santé générale de l'environnement du globe; en effet, les tendances des teneurs en polluants produits par les sources éloignées fournissent des renseignements sur la vitesse et l'ampleur de la pénétration de ces contaminants dans l'environnement de la planète. Ce ne sont pas les contaminants produits localement mais ceux transportés à grande distance par les courants atmosphériques et océaniques et les cours d'eau qui sont la source principale de pollution dans l'Arctique. Toutefois, étant donné le caractère unique de l'Arctique (basses températures, éloignement et faible densité des populations fauniques et humaines), il existe peu de données scientifiques sur les concentrations de contaminants dans le milieu naturel, sur leurs sources et sur leurs voies de pénétration dans l'environnement; donc, rares sont les données sur la surveillance des tendances à long terme et encore plus rares celles sur les effets possibles de ces contaminants sur l'écosystème, y compris sur la santé des populations autochtones.

Il est essentiel de mettre en place des programmes de surveillance à long terme à l'échelle de la région pour préserver la santé et le bien-être de l'écosystème arctique. Depuis quelques années, d'ailleurs, la nécessité du développement durable se fait pressante. Compte tenu de la richesse des ressources de l'Arctique, notamment en hydrocarbures et en minéraux, l'exploitation de ces ressources apparaît inévitable. Il est cependant impératif que leur extraction et leur acheminement vers les marchés s'effectuent de manière à préserver l'intégrité de l'environnement arctique, dans l'intérêt des générations autochtones présentes et à venir et, en fait, de tous les Canadiens.

OUVRAGES CITÉS

Addison, R.F., et T.G. Smith. 1974. « Organochlorine residue levels in Arctic ringed seals: variation with age and sex. » *Oikos*, 25 : 335–337.

Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada. 1990. *Database listing of onshore wells, N.W.T. and Yukon*. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

Affaires extérieures Canada. 1991. *Protecting the Arctic environment*. Version définitive du rapport provisoire sur la réunion préparatoire de Kiruna (Suède) sur l'initiative finlandaise, du 15 au 17 janvier, Ottawa.

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1987. *La revendication de l'Arctique de l'Ouest : Convention définitive des Inuvialuit.* [Amendée par le projet de loi C-102, *Loi sur le règlement des revendications des Inuvialuit de la région ouest de l'Arctique*, adopté par la Chambre des communes le 23 mars 1988.] Ottawa.

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1990*a*. *Contaminants in northern ecosystems and native diets.* Sommaire d'une réunion d'évaluation tenue à Ottawa du 28 février au 2 mars 1989. Ottawa.

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1990*b*. *State of the arctic environment report on chlorinated organics.* Rapport préliminaire (document de référence technique) pour la réunion sur l'initiative finlandaise, Ottawa.

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1991. *La stratégie de l'environnement arctique, un plan d'action.* Ottawa.

Anderson, J.C., et J.R. Reid. 1989. « Implications of global warming on the sustainable resource base of the Canadian territories. » Page 24 dans : *Proceedings of the 40th arctic science conference on global change.* 14-16 septembre, University of Alaska, Fairbanks.

Anderson, J.C., et J.R. Reid. 1991. *Northern resources at risk to climate change.* Document inédit. Environnement Canada. Rapport sur l'état de l'environnement, Ottawa.

Arctic Laboratories Ltd. 1986. *Cadmium, lead, and zinc particulate fluxes and seawater concentrations, Strathcona Sound, N.W.T.: winter-spring studies, 1984-85.* Préparé pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Programme des affaires du Nord, Yellowknife.

Aulerich, R.J., et R.K. Ringer. 1977. « Current status of PCB toxicity to mink and effect on their reproduction. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 6 : 279-292.

Baffin Island Oil Spill Project. 1987. « Study results. » *Arctic*, 40 (Suppl. 1) : 1-9.

Barrie, L.A. 1985. *Arctic air pollution: An overview of current knowledge.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Barrie, L.A., D. Gregor, B. Hargrave, R. Lake, D. Muir, R. Shearer et B. Tracey. Sous presse. « Arctic contaminants: sources, sinks, and pathways. » Article pour un numéro spécial de *Science of the Total Environment.*

Bergman, A., M. Olsson et L. Reuterg. 1981. *Lowered reproduction rate in seal populations and PCB. A discussion of comparability of results and presentation of some data from research on the Baltic seals.* Conseil international pour l'exploration de la mer, Comité des mammifères marins.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois — Les espèces menacées de disparition au Canada.* Rapport EDE n°89-2. Éditions Broquet Inc., LaPrairie, en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Cameron, J.J., J. Dusseault et B. Elkin. 1982. *Community water and sanitation services 1982: Kitikmeot region, Northwest Territories.* Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife.

Centre de recherches pour la surveillance et l'évaluation. 1980. *Environmental hazards of heavy metals: summary evaluation of lead, cadmium and mercury.* Rapport MARC n°20. University of London, Chelsea College, Londres.

Clarkson, T.W., J. Crispin-Smith, D.O. Marsh et M.D. Turner. 1975. « A review of dose — response relationships resulting from human exposure to methyl-mercury compounds. » Pages 1-12 dans : Krenkel, P.A. (réd.). *Heavy metals in the aquatic environment.* Pergamon Press, Toronto.

Clausen, J., et O. Berg. 1975. « The content of polychlorinated hydrocarbons in Arctic ecosystems. » *Pure and Applied Chemistry*, 42 : 223-232.

Commission d'aménagement des terres de la région du détroit de Lancaster. 1989. *The Lancaster Sound proposed regional land use plan*, Pond Inlet (Territoires du Nord-Ouest).

Commission internationale de radioprotection. 1979. *Limits for intakes of radionuclides by workers. Annals of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) 3(1-4), 5(1-6).* Publication n°30. Pergamon Press, Toronto.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous.* Éditions du Fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Conseil national de recherches du Canada. 1974. *Phénomènes environnementaux de cause à effet reliés au progrès technique dans l'Arctique.* Conseil national de recherches du Canada, Comité sur les critères scientifiques de la qualité de l'environnement, Ottawa.

Crippen, S.W., S.L. Hodd et G. Green. 1980. « Metal levels in the sediment and benthos resulting from a drilling fluid discharge into the Beaufort Sea. » Pages 636 -669 dans : *Proceedings of a symposium on research on the environmental fate and effects of drilling cuttings.* Janvier, vol. 1. Lake Buena Vista (Floride).

Crowe, K. 1990. « Claims on the land. » *Arctic Circle*, 1(3) : 14-23.

Dewailly, E., A. Nantel, J.P. Webber et F. Meyer. 1989. « High levels of PCBs in breast milk of Inuit women from Arctic Quebec. » *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 43(5) : 641-646.

Dusseault, J., et B. Elkin. 1983. *Community water and sanitation services 1983: Baffin Region, Northwest Territories.* Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife.

Egginton, P.A., et J.T. Andrews. 1989. « Sea-levels are changing. » *Geos* 18(2) : 15-22.

Énergie, Mines et Ressources Canada. 1989. *Mines et usines de traitement de minéraux au Canada 1988.* Bulletin MR 220. Ottawa.

Environnement Canada. 1984. *Série d'information sur l'utilisation des terres nordiques.* Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Écozones terrestres du Canada.* Série de la classification écologique du territoire n°19. Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *Development and potential of selected natural resources in Canada's northern lands. Northern Perspectives Map No. 1 (scale 1:5 000 000).* Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures et Direction générale des terres, Ottawa.

Environnement Canada. 1989*a*. *Régions écoclimatiques du Canada : première approximation.* Série de la classification écologique du territoire n°23. Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

Environnement Canada. 1989*b*. *L'effet de serre : répercussions sur l'Arctique.* Fiche d'information. Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Downsview (Ontario).

Environnement Canada. 1989*c*. *La couche d'ozone.* Fiche d'information. Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Downsview (Ontario).

Environnement Canada. 1990*a*. Planification du réseau des parcs nationaux. Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990*b*. *National conservation database.* Rapport sur l'état de l'environnement, Ottawa.

Erickson, P.E., B. Fowler et D.J. Thomas. 1988. *Oil-based drilling muds. Off-structure monitoring — Beaufort Sea.* Rapport n°101. Fonds pour l'étude de l'environnement, Ottawa.

ESL Environmental Sciences Ltd. 1982. *The biological effects of hydrocarbon exploration and production related activities, disturbances, and wastes on marine flora and fauna of the Beaufort Sea region.* Rapport inédit préparé à contrat pour le compte de Dome Petroleum Limited, Calgary.

Fallis, B.W. 1982. *Trace metals in sediments and biota from Strathcona Sound, N.W.T.: Nanisivik Marine Monitoring Program, 1974–1979.* Rapport technique n°1082. Pêches et Océans Canada, Winnipeg.

Feely, H.W., H. Wolchok, E.P. Hardy, Jr. et L.E. Toonkel. 1978. « World wide deposition of ^{90}Sr through 1976. » *Environmental Science and Technology*, 12 : 808.

Fein, G.G., J.L. Jacobson, S.W. Jacobson, P.M. Swartz et P.M. Dowler. 1984. « Prenatal exposure to polychlorinated biphenyls: effects on birth size and gestational age. » *Journal of Pediatrics*, 105 : 315-320.

Finley, K.J., G.W. Miller, R.A. Davis et C.R. Greene. 1984. *Responses of narwhals* (Monodon monoceros) *and belugas* (Delphinapterus leucas) *to ice-breaking ships in Lancaster Sound — 1983.* Préparé par LGL Ltd., Toronto (Ontario), pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Gates, C.C., J. Adamczewski et R. Mulders. 1986. « Population dynamics, winter ecology, and social organization of Coats Island caribou. » *Arctic*, 38(3) : 216-222.

Gorrie, P. 1990. « The James Bay power project. » *Canadian Geographic*, 110(1) : 21-31.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada pour un environnement sain. Disponible auprès d'Environnement Canada,* Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1991. *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes. Volume I — Les concentrations et les tendances des contaminants.* Environnement Canada, Toronto; Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario); et Santé et Bien-être social Canada, Ottawa.

Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest. 1990. *1989 N.W.T. labour force survey. Report No. 3. Wage employment and traditional activities.* Ministère des Ressources renouvelables, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife.

Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie. 1987. *Rapport soumis au Conseil canadien des ministres des ressources et de l'Environnement le 24 septembre 1987.* Ottawa.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Policymakers' summary of the potential impacts of climate change.* Rapport préparé pour le Groupe de travail II du Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Haertling, J.W. 1989. « Trace metal pollution from a municipal waste disposal site at Pangnirtung, Northwest Territories. » *Arctic*, 42(1) : 57-61.

Hammar, J. 1989. « Freshwater ecosystems of polar regions. » *Ambio*, 18(1) : 6-22.

Hansen, J.C. 1981. « A survey of human exposure to mercury, cadmium and lead in Greenland. » *Meddelelser om Groenland, Man and Society*, 3 : 1-36.

Hardy, E.P., et BBT Ltd. 1988. *Geophysical assessment of waste drilling fluid containment sites in the Mackenzie River valley region, N.W.T.* Préparé à contrat pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Harrington, C.R. 1986. « The impact of changing climate on some vertebrates in the Canadian Arctic. » Pages 100-113 dans : *Proceedings of the Canadian climate program workshop on climate change impacts in the Canadian Arctic.* Mars, Orillia (Ontario).

Hengeveld, H. 1991. *Comprendre l'atmosphère en évolution. Revue de la science de base et des implications d'un changement du climat et d'un appauvrissement de la couche d'ozone.* Rapport EDE n°91-2. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique.* Rapport EDE n°90-1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Holtz, A., et M.A. Sharpe. 1986. *Removal of contaminants from Distant Early Warning sites in Canada's Arctic.* Service de la protection de l'environnement, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Edmonton.

Hutchison-Benson, E., J. Svoboda et H.W. Taylor. 1985. « The latitudinal inventory of ^{137}Cs in vegetation and topsoil in northern Canada, 1980. » *Journal canadien de botanique*, 63 : 784.

Institut national du cancer du Canada. 1989. « Deathrate. » Page 41 dans : *Canadian cancer statistics.* Toronto.

Johnson, H., et M. Tutian. 1985. *Le rayonnement fait partie de la vie. Information nucléaire.* WNRE 1-500. Énergie atomique du Canada Ltée, Ottawa.

Kinloch, D., H. Kuhnlein et D. Muir. 1988. « Assessment of PCBs in arctic foods and diet: a pilot study in Broughton Island, NWT, Canada. » *Arctic Medical Research*, 47(Suppl. 1) : 159-162.

Langlois, C. 1987. « Étude préliminaire de la qualité des eaux de surface de 15 cours d'eau majeurs du Nouveau-Québec. » *Water Pollution Research Journal of Canada*, 22(4) : 530-544.

Leacock, S. 1937. « My discovery of the West. » Page 261 dans : Colombo, J.R., (réd.). *New Canadian quotations (1987).* Hurtig Publishers, Edmonton.

LGL Ltd. 1986. *A workshop on selected environmental impacts of ship traffic in Lancaster Sound and Northern Baffin Bay.* Préparé à contrat pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Lockhart, W.L., R. Wagemann, B. Tracey, D. Sutherland et D.J. Thomas. Sous presse. « Presence and implications of chemical contaminants in the freshwaters of the Canadian Arctic. » Article pour un numéro spécial de *Science of the Total Environment.*

Mackay, D.K., et O.H. Loken. 1974. « Arctic hydrology. » Pages 11-132 dans : Ives, J.D., et R.G. Barry, (réd.). *Arctic and alpine environment.* Methuen, Londres.

Mariani, G.M., L.V. Sick et C.C. Johnson. 1980. « An environmental monitoring study to assess the impact of drilling discharges in the mid-Atlantic. III. Chemical and physical alterations in the benthic environment. » Pages 438-495 dans : *Proceedings of a symposium on research on the environmental fate and effects of drilling fluids and cuttings.* Janvier, vol. 1. Lake Buena Vista (Floride).

Martin, L.C., W.S. Duval et D.J. Thomas. 1986. *A process for assessing the impact of dredging projects on the biological resources of the Beaufort Sea.* Préparé par ESL Environmental Sciences Ltd. et Arctic Laboratories Ltd. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Martineau, D., P. Béland, C. Desjardins et A. Lagac. 1987. « Levels of organochlorine chemicals in tissues of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 16 : 137-147.

Maxwell, B., et L.A. Barrie. 1989. « Atmospheric and climate change in the Arctic and Antarctic. » *Ambio*, 18(1) : 42-49.

Menzie, C.A., P. Maurer et W.A. Leatham. 1980. « An environmental monitoring study to assess the impact of drilling discharges in the mid-Atlantic. IV. The effects of drilling discharges on the benthic community. » Pages 499-536 dans : *Proceedings of a symposium on research on environmental fate and effects of drilling fluids and cuttings.* Janvier, vol. 1. Lake Buena Vista (Floride).

Miller, G.W., et R.A. Davis. 1984. *Distributions and movements of narwhals and beluga whales in response to ship traffic at the Lancaster Sound ice edge-1984.* Préparé par LGL Ltd., Toronto, pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Muir, D.C.G. 1985. *Chlorinated hydrocarbon and heavy metal contaminants in Arctic marine mammals and fish. A tabulation of published and unpublished data.* Rapport préparé pour le Comité spécial d'étude des contaminants dans l'alimentation des autochtones, juin. Affaire indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Muir, D.C.G., R. Wagemann, W.L. Lockhart, N.P. Grift, G. Gilleck et D. Metner. 1987. *Heavy metal and organic contaminants in Arctic marine fishes.* Études environnementales n°42. Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Muir, D., C. Ford et B. Grift. 1988*a*. *Analysis of dietary samples from Broughton Island (N.W.T.) for PCBs and related organochlorine contaminants.* Pêches et Océans Canada, Winnipeg.

Muir, D.C.G., R.J. Norstrom et M. Simon. 1988*b*. « Organochlorine contaminants in Arctic marine food chains: accumulation of specific polychlorinated biphenyls and chlordane-related compounds. » *Environmental Science and Technology*, 22 : 1071-1079.

Muir, D.C.G., B. Rosenberg et C. Ford. 1989. *Analysis of dietary samples from Fort Good Hope (N.W.T.) for toxaphene, PCBs and other organochlorine contaminants.* Pêches et Océans Canada, Winnipeg.

Muir, D.C.G., R. Wagemann, B.T. Hargrave, D.J. Thomas, D.B. Peakall et R.J. Norstrom. Sous presse. « Arctic marine ecosystem contamination. » Article pour un numéro spécial de *Science of the Total Environment*.

Nettleship, D.N., et D.B. Peakall. 1987. « Organochlorine residue levels in three high Arctic species of colonially breeding seabirds from Prince Leopold Island. » *Marine Pollution Bulletin*, 18 : 434-438.

Norstrom, R.J., D.C.G. Muir et R.E. Schweinsburg. 1985. *Organochlorine and heavy metal contaminants in polar bears.* Rapport d'étape soumis à Affaires indiennes et du Nord Canada le 25 juin.

Norstrom, R.J., M. Simon, D.C.G. Muir et R.E. Swinsburg. 1988. « Organochlorine contaminants in Arctic marine food chains: identification, geographical distribution, and temporal trends in polar bears. » *Environmental Science and Technology*, 22 : 1063-1071.

Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology.* 3e éd. W.B. Saunders Company, Toronto.

Organisation mondiale de la santé. 1990. *Methylmercury. Environmental Health Criteria 101.* Genève.

Packman, G.A., et R.G. Shearer. 1988. « An overview of marine environmental quality in the Canadian Arctic. » Pages 229-242 dans : Wells, P.G., et J. Gratwick, (réd.). *Comptes rendus d'une conférence sur la qualité du milieu marin.* Du 29 février au 3 mars 1988, Halifax (Nouvelle-Écosse).

Prakash, A., J.C. Medcof et A.D. Tennant. 1971. « Paralytic shellfish poisoning in Eastern Canada. » *Bulletin de l'Office de recherche sur les pêcheries du Canada* n°177.

Reijnders, P.J.H. 1980. « Organochlorine and heavy metal residues in harbour seals from the Wadden Sea and their possible effects on reproduction. » *Netherlands Journal of Sea Research*, 14 : 30-65.

Reijnders, P.J.H. 1986. « Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. » *Nature* (London), 324 : 456-457.

Renzoni, A., et R.J. Norstrom. 1990. « Mercury in the hairs of polar bears (*Ursus maritimus*). » *Polar Record*, 26(159) : 326-328.

Richardson, W.J., M.A. Fraker, B. Wursig et R. Wells. 1985. « Behaviour of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) summering in the Beaufort Sea: reactions to industrial activities. » *Biological Conservation*, 32 : 195-230.

Rowell, J. 1990. « Northern Labrador's biggest developer: the Department of National Defence. » *Northern Perspectives*, 18(2) : 11-15.

Sackmann, T. 1989. *Present status of Arctic marine environmental quality.* Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Sackmann, T., J.W. McDonald, P. Brouwer et L. Turney. 1986. *Compilation of 1982-1985 dredging activities in the Canadian Beaufort Sea: a supplementary report.* Préparé par ESL Environmental Sciences Ltd., Sidney (Colombie-Britannique.) pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Santé et Bien-être social Canada. 1988. *Rapports sur le rayonnement environnemental au Canada, 1988 et années précédentes.* Surveillance radiologique, Ottawa.

Settle, D.M., et C.C. Patterson. 1980. « Lead in albacore: guide to lead pollution in Americans. » *Science*, 207 : 1167-1176.

Sheehy, G., et J. Chouinard. 1989. *Environmental and socio-economic impacts of climate change on wildlife.* Rapport préliminaire préparé pour le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, Organisation météorologique mondiale, Genève.

Smith, D.W., et T.D.W. James. 1979. *Sump studies III — Biological changes in permafrost terrain adjacent to High Arctic oil and gas wellsites.* Études environnementales n°16. Affaires indiennes et du Nord Canada, Yellowknife.

Smith, E. (réd.). 1990. *Sustainable development through northern conservation strategies.* The Banff Centre, School of Management, Banff (Alberta).

Smith, T.G., et F.A.J. Armstrong. 1978. « Mercury and selenium in Ringed and Bearded seal tissues from Arctic Canada. » *Arctic*, 31(2) : 75 -84.

Stanley and Associates et Dobrocky Seatech. 1987. *Sewage waste discharge of the Arctic marine environment.* Préparé pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Yellowknife.

Stanley Associates Engineering Ltd. 1986. *Waste management in the North: a discussion paper.* Affaires indiennes et du Nord Canada, Edmonton.

Statistique Canada. 1989. *Annuaire du Canada 1990.* Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1991. *Activité humaine et l'environnement.* Division de l'environnement et des richesses naturelles, Statistique Canada, Ottawa.

Svoboda, J., et H.W. Taylor. 1979. « Persistence of cesium-137 in Arctic lichens, *Dryas integrifolia*, and lake sediments. » *Arctic and Alpine Research*, 11(1) : 95.

Taylor, H.W., E. Hutchison-Benson et J. Svoboda. 1985. « Search for latitudinal trends in the effective half-life of fallout ^{137}Cs and ^{137}Cs levels at some localities in Northern Canada. » *Arctic*, 41(4) : 293.

Taylor, H.W., J. Svoboda, G.H.R. Henry et R.W. Wein. 1988. « Post-Chernobyl ^{134}Cs and ^{137}Cs levels at some localities in Northern Canada. » *Arctic*, 41(4) : 293 -296.

Thomas, D.J. 1978. *Tingmiark K-91 and Kopancar D-14; a chemical study one year after the occurrence of the water flow, July, 1978.* Préparé à contrat par Seakem Oceanography Ltd. pour Canadian Marine Drilling, Calgary. Distribué par Pallister Resource Management Ltd.

Thomas, D.J. 1988. *The Tuktoyaktuk Harbour Benthic Biological Monitoring Programme.* Préparé à contrat par Seakem Oceanography Ltd. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Sidney (Colombie-Britannique).

Thomas, D.J. 1990. *Organochlorine residues in biota of the Canadian Arctic.* Préparé à contrat par Seakem Oceanography Ltd. pour Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Thomas, D.J., et M.C. Hamilton. 1987. *Organochlorine residues in biota of the Baffin Island region.* Seakem Oceanography Ltd, Sidney (Colombie-Britannique).

Thomas, D.J., G.D. Greene, W.S. Duval, K.C. Milne et M.S. Hutcheson. 1984. *Offshore oil and gas production waste characteristics, treatment methods, biological effects, and their application to Canadian regions.* Préparé à contrat par Arctic Laboratories Ltd., ESL Environmental Sciences Ltd., SKM Consulting Ltd. et Atlantic Oceanics Company Ltd. pour la Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Thomas, D.J., L.C. Martin et J.P. Ruffell. 1985. *Environmental assessment of dredging technology.* Préparé à contrat par Arctic Laboratories Ltd., ESL Environmental Sciences Ltd. et EBA Engineering Consultants Ltd. pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Yellowknife.

Thomas, D.J., B. Tracy, H. Marshall et R.J. Norstrom. Sous presse. « Arctic terrestrial ecosystem contamination. » Article pour un numéro spécial de *Science of the Total Environment.*

Twitchell, K. 1991. « The not-so-pristine Arctic. » *Canadian Geographic*, 111(1) : 53-60.

Usher, P.J., et F.H. Weihs. 1989. *Towards a strategy for supporting the domestic economy of the Northwest Territories.* Préparé à contrat pour le Comité spécial sur l'économie du Nord de l'Assemblée législative des Territoires du Nord-Ouest. P.J. Usher Consulting Services, Ottawa.

Wagemann, R. 1989. « Comparison of heavy metals in two groups of ringed seals (*Phoca hispida*) from the Canadian Arctic. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 46 : 1558 -1563.

Wagemann, R., N.B. Snow, A. Lutz et D.P. Scott. 1983. « Heavy metals in tissues and organs of the narwhal (*Monodon monoceros*). » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 40 : 206.

Wagemann, R., R.E.A. Stewart, W.L. Lockhart, B.E. Stewart et M. Povoleda. 1988. « Trace metals and methyl mercury: associations and transfer in harp seal (*Phoca groenlandica*) mothers and their pups. » *Marine Mammal Science*, 4(4) : 339-355.

Wagemann, R., R.E.A. Stewart, P. Beland et C. Desjardins. Sous presse. *Heavy metal and selenium in tissues of beluga whales from the Canadian Arctic and the St. Lawrence Estuary.* Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Wong, M. 1985*a*. *Chemical residues of fish and wildlife harvested in northern Canada.* Rapport d'études environnementales n°46. Affaires indiennes et du Nord Canada, Ottawa.

Wong, M.P. 1985*b*. *Environmental residues in Canadian game birds.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Affaires indiennes et du Nord Canada. 1987. *Canada's North: the reference manual.* Approvisionnements et Services Canada, Centre d'édition du gouvernement, Ottawa.

Arctic Circle. Bimensuel traitant du Nord, disponible auprès de Nortext Publishing, bureau 280, 14, ch. Colonnade, Nepean (Ontario) K2E 7M6.

Nunavut. Magazine de la Fédération Tungavik du Nunavut, bureau 800, 130, rue Slater, Ottawa (Ontario) K1P 6E2.

The Muskox: a journal of multidisciplinary interests in the North (bisannuel). Université de la Saskatchewan, Department de géologie, Saskatoon.

Up Here: Life in Canada's North (bimensuel). Outcrop, C.P. 1350, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest.) X1A 2N9.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre est le fruit des efforts collectifs du personnel de la Direction générale des ressources naturelles et du développement économique, Affaires indiennes et du Nord Canada, de Seakem Oceanography Limited et du Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada. Ses principaux auteurs sont Russel G. Shearer (Ottawa), David J. Thomas (Sidney, Colombie-Britannique) et John R. Reid (Ottawa).

Nous remercions particulièrement Derek Muir et Rudy Wagemann, Pêches et Océans Canada (Winnipeg), ainsi que Ross Norstrom, Service canadien de la faune, Environnement Canada (Ottawa), pour leurs contributions en données et en informations. Notre reconnaissance va également à Peter Rodgers et à John Anderson, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), pour leur orientation et leurs conseils.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont enrichi la matière de ce chapitre et qui ont permis d'améliorer le texte et d'enrichir les illustrations grâce à leurs contributions constructives : Steven Hazel, directeur exécutif, Comité canadien des ressources arctiques (Ottawa), M. Dunbar, Université McGill (Montréal), détaché sous contrat à l'Inuit Tapirisat du Canada, et Terry Fenge, expert-conseil (Ottawa).

Plusieurs personnes ont revu le manuscrit en partie ou en totalité à différentes étapes de son élaboration et ont apporté de précieux conseils sur son contenu et sa présentation. Les auteurs souhaitent remercier R.S. Tobin et B.L. Tracy, Direction de l'hygiène du milieu, et D.C. Dimitroff, Direction de la santé des fonctionnaires fédéraux, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa), R. Russell, J. Cooper et R. Campbell, Service canadien de la faune (Ottawa), et E. Collins, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada (Yellowknife).

John R. Reid, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre au cours des dernières étapes de la préparation et de la production du manuscrit, tandis que la coordination de la préparation des versions préliminaires a été assurée par Gary Ironside, Rapport sur l'état de l'environnement.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Marla Sheffer, avec la collaboration de Susan Burns.

16

GRACIEUSETÉ DE DAVE W. SMITH SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE DELTA

POINTS SAILLANTS

Environ 1,7 million de personnes, soit plus de la moitié de la population de la Colombie-Britannique, vivent dans cette région qui occupe moins de 2 % de la superficie totale de la province.

■

Depuis 1986, plus de 45 000 nouveaux résidants viennent s'ajouter chaque année à la population établie. Cette croissance démographique rapide a profondément modifié le bassin de cette région en raison de la transformation radicale des écosystèmes naturels.

■

La qualité de l'air, dans la région, est généralement bonne, sauf pendant les périodes de mouvement restreint de l'air. Depuis 1981, les concentrations de plomb atmosphérique ont grandement diminué. Dans l'ensemble, les concentrations d'ozone de la basse troposphère et de matières particulaires ont diminué, bien que l'on ait relevé une légère hausse des concentrations d'ozone au cours des dernières années. Les automobiles et les autres véhicules produisent près de 85 % de la pollution de l'air.

■

Presque toutes les études de surveillance du Fraser ont mené à la conclusion qu'il existe trop peu d'informations pour discerner quelque tendance que ce soit dans la qualité de l'eau.

■

Au moins cinq espèces d'oiseaux et un mammifère ont disparu de cette région. Moins de 1 % du bassin est réservé à la faune. En milieu aquatique, les stocks de poissons sont menacés par la détérioration de l'habitat et la baisse de la qualité de l'eau d'une part, et par un accroissement de la récolte d'autre part.

■

Les basses terres fertiles du bassin comptent parmi les terres agricoles et les habitats fauniques les plus importants du Canada. Des pressions sans cesse croissantes sont exercées en vue de leur lotissement. Ces dernières années, les terres cultivables du secteur rural de la région métropolitaine de Vancouver ont été urbanisées à raison de plus de 600 ha par année. Depuis 1985, les terres agricoles de tout le bassin inférieur du Fraser disparaissent à un rythme de près de 400 ha par année.

■

Environ 1,27 million de tonnes de déchets solides sont produits chaque année dans le bassin inférieur du Fraser. Le volume de déchets solides produits a augmenté de 11 % entre 1982 et 1988. Au cours de la même période, le volume de déchets recyclés est passé de 6 à 10%.

■

La croissance démographique menace de surpasser la capacité des systèmes actuels et futurs de traitement des déchets solides dès 1995, même si l'on atteint pleinement l'objectif de recyclage d'une plus grande quantité de déchets.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 16-4

Les composantes de l'écosystème du bassin inférieur du Fraser 16-4
- L'air 16-4
- L'eau 16-5
- Les terres 16-6
- La flore et la faune 16-6

Les tendances dans la qualité de l'environnement 16-7
- Les facteurs influant sur la qualité de l'air 16-7
  - Le changement climatique 16-7
  - Les contaminants atmosphériques 16-7
    - Le dioxyde d'azote 16-9
    - Le monoxyde de carbone 16-9
    - Le dioxyde de soufre 16-10
    - L'ozone 16-10
    - Les particules totales en suspension 16-10
    - Les particules de plomb en suspension 16-10
  - Le maintien de la qualité de l'air 16-10
- Les facteurs influant sur la qualité de l'eau 16-10
  - La gestion de l'eau 16-11
  - Les tendances de la qualité de l'eau 16-11
  - La pollution de l'eau 16-12
    - Les eaux usées 16-13
    - Les effluents industriels 16-14
    - Le ruissellement urbain 16-14
    - Les rejets agricoles 16-14
    - Les sources diverses 16-15
  - Le maintien des ressources hydriques 16-15
- Les facteurs influant sur la flore et la faune 16-16
  - Les habitats et les populations 16-16
    - Les habitats aquatiques 16-16
    - Les habitats en milieu humide 16-16
    - Les habitats des hautes terres 16-16
  - Les transformations de l'habitat 16-16
  - Les utilisations de la faune sans prélèvement d'espèces 16-17
  - Les pêches 16-17
  - Le maintien des habitats du poisson et de la faune 16-18
- Les facteurs influant sur l'utilisation des terres 16-20
  - Les parcs et les aires récréatives 16-20
  - La foresterie 16-21
  - L'agriculture 16-22
  - Le développement urbain et la croissance démographique 16-23
  - Les transports 16-24
  - La gestion des déchets 16-24
    - Les déchets solides 16-24
    - Les déchets spéciaux 16-25
  - Le maintien des ressources en terres 16-26

Les défis liés à un environnement durable 16-26
Les compétences multiples 16-26
L'incertitude des données scientifiques 16-26
La philosophie de gestion 16-26
La gestion de la croissance 16-26
Le changement des valeurs environnementales 16-27

Les progrès accomplis 16-27

Ouvrages cités 16-28

Pour de plus amples renseignements 16-30

Remerciements 16-31

Liste des figures

16.1 Carte du bassin inférieur du Fraser indiquant les principales caractéristiques politiques, topographiques et de drainage 16-5
16.2 Tendances décennales (1978–1987) de la qualité de l'air dans le district de la région métropolitaine de Vancouver 16-8
16.3 Quantité d'effluents rejetée dans le Fraser et son estuaire ainsi que dans la baie Boundary, ventilée selon les sources 16-12
16.4 Répartition des rejets dans le bassin inférieur du Fraser autorisés en vertu de permis du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1987 16-13
16.5 Proportion de la population desservie par des stations de traitement des eaux usées dans les régions métropolitaines de recensement de Vancouver, Matsqui et Chilliwack, 1983–1989 16-15
16.6 Proportion approximative des terres dans le delta du Fraser occupées par divers types d'habitat en 1880 et 1985 16-17
16.7 Modèles généraux de l'utilisation des terres dans la vallée inférieure du Fraser, 1986–1987 16-20
16.8 Taux d'urbanisation des terres rurales dans la région métropolitaine de Vancouver, sur quatre périodes allant de 1967 à 1986 16-23

Liste des tableaux

16.1 Charges actuelles et prévues de polluants atmosphériques dans le district de la région métropolitaine de Vancouver 16-11
16.2 Prises moyennes de cinq espèces de saumons provenant de la pêche commerciale, de la pêche sportive et de la pêche de subsistance des autochtones, et échappées (poissons non pêchés qui retournent aux frayères), 1981–1986 16-18
16.3 Pêche sportive en eau douce : prises, effort, production estimative et projections pour le bassin inférieur du Fraser 16-19
16.4 Aires de conservation de la faune dans le bassin inférieur du Fraser 16-19
16.5 Types et nombre de parcs et d'autres aires récréatives dans le bassin inférieur du Fraser et nombre de visites (exprimé en nombre de jours–visiteurs), 1988 16-21
16.6 Activités sylvicoles dans la Région d'approvisionnement en bois du Fraser, 1986 – 1988 16-22
16.7 Terres du bassin inférieur du Fraser situées à l'ouest du pont Rosedale (près de Chilliwack), en dehors des Réserves de terres agricoles et susceptibles d'être urbanisées 16-24
16.8 Installations de traitement des déchets solides 16-25

> « Vancouver n'était à l'époque qu'une petite ville, mais elle poussait comme un champignon. Presque chaque jour, la forêt reculait; on pouvait la voir, à demi défrichée, attendant d'être asséchée et envahie par les équipes de construction, sur des milles et des milles de troncs carbonisés et de marécages où proliférait le tabac du diable... l'épilobe à feuilles étroites émergeait d'un sol inculte, faisant éclater de lourdes fleurs d'un rose voluptueux suspendues à des tiges rouges, et dont les bouquets charmeurs cherchaient à masquer la laide métamorphose d'une forêt sauvage en zone urbanisée. »
>
> Emily Carr, 1946

INTRODUCTION

Il n'est aucune autre région, dans toute la Colombie-Britannique, où les pressions sur l'environnement et les besoins d'espace et de ressources se font plus sentir que dans la vallée fertile et densément peuplée du cours inférieur du fleuve Fraser. En raison des contraintes d'ordre environnemental auxquelles est déjà soumise cette région, nous devons nous soucier de savoir dans quel état l'environnement se trouve à l'heure actuelle, comment il a changé récemment et quelles sont les chances d'assurer le bien-être de l'environnement dans le bassin inférieur du Fraser.

La physiographie de la Colombie-Britannique explique la concentration de nombreuses activités humaines dans des régions relativement petites. La province étant constituée de régions montagneuses à 90 %, sa population et ses industries s'entassent au fond des vallées et dans les estuaires, où les conditions favorisent l'aménagement de zones résidentielles, récréatives, commerciales et industrielles. La foresterie, l'agriculture, les transports, les refuges fauniques et les parcs se disputent également les terres et les ressources hydriques des vallées et des estuaires. La vallée inférieure du Fraser est à l'image de cette confrontation d'usages concurrentiels et souvent conflictuels, et subit le gros des atteintes à l'environnement de la province.

Le bassin inférieur du Fraser s'étend de la côte jusqu'au canyon du Fraser, sur une superficie de 17 000 km^2 (figure 16.1). Il peut être défini par trois particularités géographiques. Tout d'abord, la région est bordée au nord et à l'est par la chaîne Côtière et par la chaîne des Cascades, dont les cours d'eau et les lacs se déversent dans le fleuve Fraser. Ensuite, on y trouve une large plaine d'inondation qui s'étend vers l'ouest à partir des environs de Hope, où la rivière émerge des montagnes pour se répandre à travers les basses terres du Fraser, jusqu'au détroit de Georgie. Enfin, le delta du Fraser, la plus grande formation de ce genre sur la portion canadienne de la côte du Pacifique, couvre 590 km^2.

Beaucoup de nouveaux résidants viennent s'établir dans le bassin en raison de son climat tempéré et de la beauté de ses paysages. C'est de loin la partie de la Colombie-Britannique la plus densément peuplée et dont la croissance est la plus rapide; elle compte 1,7 million de personnes, soit plus de la moitié de la population de la province, et l'on s'attend à une augmentation de près de 600 000 personnes au cours des 20 prochaines années.

Les ressources naturelles du bassin inférieur du Fraser ont diminué de façon marquée depuis sa colonisation par les Européens. Non seulement la qualité de l'air, de l'eau et des terres s'est-elle dégradée, mais les populations indigènes de plantes et d'animaux ont diminué et certaines espèces ont complètement disparu. On examinera ici les conditions actuelles de ces composantes de l'écosystème du bassin inférieur du Fraser et les tendances récentes.

LES COMPOSANTES DE L'ÉCOSYSTÈME DU BASSIN INFÉRIEUR DU FRASER

L'air

Le climat du bassin inférieur du Fraser est dominé par la présence de deux traits particuliers : l'océan Pacifique et les montagnes environnantes. Des anticyclones et des dépressions venus de la mer gagnent habituellement la région. Règle générale, les anticyclones, l'été, donnent un temps chaud, sec et stable caractérisé par une absence de pluie pouvant durer des semaines. Pendant l'automne et l'hiver, des dépressions engendrent un temps humide, instable et frais. Toutefois, la topographie très variée occasionne de nombreux écarts à ce modèle général, créant ainsi une diversité de microclimats.

Les modèles de direction des vents varient aussi, selon les jours et les saisons, à cause de l'influence exercée

par le terrain. L'été, les brises de mer et les vents de vallée soufflent fréquemment vers l'est et remontent la vallée pendant le jour. Inversement, les brises de terre et les vents de montagne peuvent souffler vers la mer pendant la nuit. Les inversions de température peuvent emprisonner les polluants dans la vallée et empêcher le mélange vertical dans la colonne d'air, particulièrement pendant l'automne et l'hiver. Dans de telles conditions, l'air vicié et les polluants peuvent se déplacer dans un continuel mouvement de va-et-vient pendant des semaines.

Les températures sont modérées et relativement uniformes dans toute la région, s'établissant en moyenne à 1 °C en janvier et à 17 °C en juillet. Là encore, les facteurs particuliers au terrain, à l'altitude et à l'exposition entraînent des écarts marqués à l'intérieur de ce modèle général, mais la plupart des basses terres du bassin échappent au gel plus de 200 jours par année.

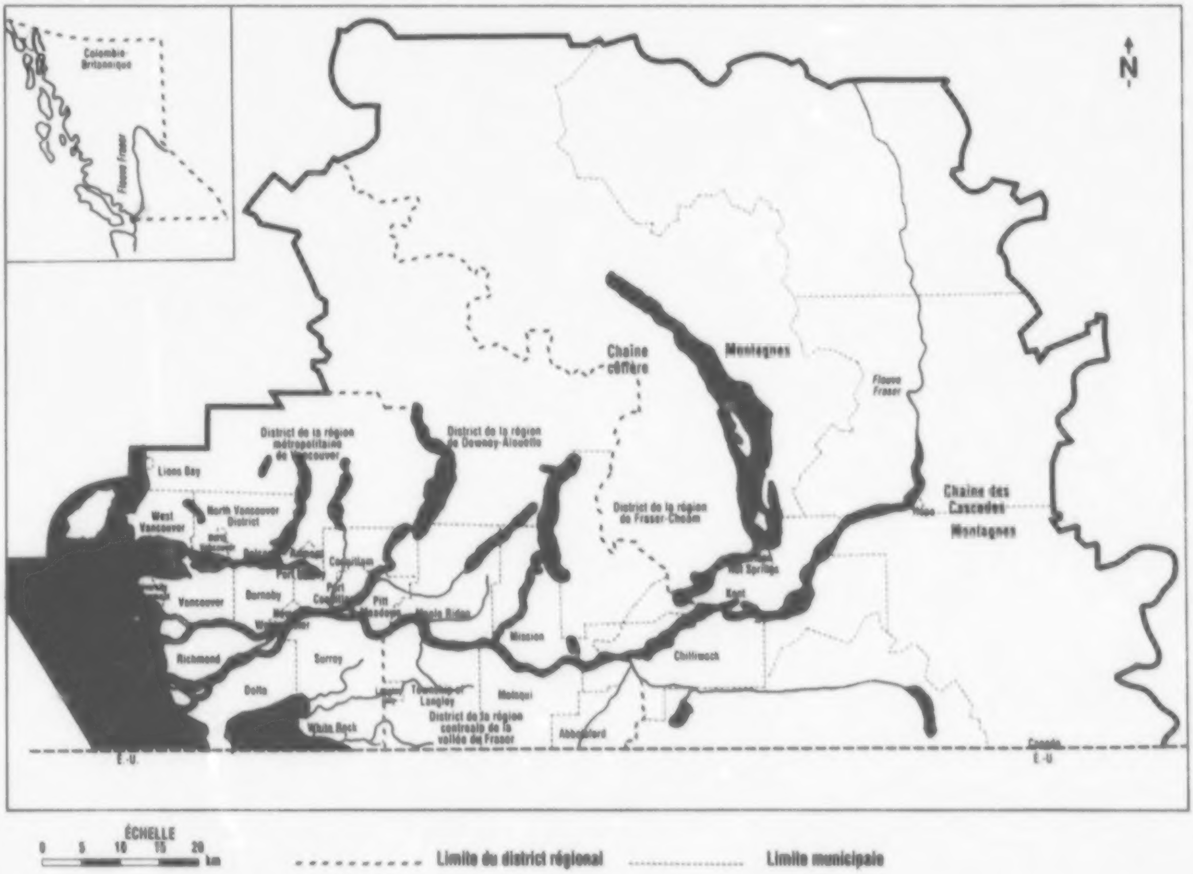
L'eau

Le Fraser charrie le débit annuel moyen le plus élevé de la Colombie-Britannique, et le troisième en importance au Canada. Le débit annuel moyen du Fraser à Hope est d'environ 2 800 m^3/s; toutefois, il peut atteindre 15 000 m^3/s au printemps et baisser à 400 m^3/s en hiver. Les eaux d'amont prennent leur source sur le versant ouest des Rocheuses, près du parc national de Jasper. Tout au long de son parcours de 1 368 km, le fleuve baisse de 1 109 m avant de se jeter dans l'océan, drainant un bassin hydrographique d'une superficie totale de 228 000 km^2. Lorsqu'il atteint la ville de Hope, encore à 180 km de l'océan, il n'est plus qu'à 5 m au-dessus du niveau de la mer.

La topographie et le climat dominent le cycle hydrologique (c.-à-d. l'apport d'eau et son mouvement) dans le bassin inférieur du fleuve Fraser. L'eau de fonte des neiges des pentes supérieures des montagnes environnantes alimente les affluents ainsi que le réseau de lacs en bordure du bassin. Dans les basses terres, l'eau souterraine, les ruisseaux lents et les pluies saisonnières viennent s'ajouter à l'écoulement déjà considérable du Fraser.

FIGURE 16.1

Carte du bassin inférieur du Fraser indiquant les principales caractéristiques politiques, topographiques et de drainage



Le bassin versant étant alimenté en grande partie par l'eau de fonte des neiges et les eaux de pluie, le volume d'eau charrié fluctue selon l'année et la saison. Par exemple, en mai et en juin, période de pointe de la crue printanière, l'écoulement des rivières Chilliwack et Harrison augmente le débit du Fraser dans une proportion variant entre 10 et 15 %. L'automne et l'hiver, les eaux de pluie peuvent accroître le débit jusqu'à 45 % entre Hope et Mission.

À New Westminster, le Fraser se divise en deux bras : le bras principal achemine environ 85 % de l'écoulement, et le bras North, le reste. L'influence des marées se fait sentir en amont jusqu'à Chilliwack, et l'eau salée peut atteindre New Westminster lorsque l'écoulement saisonnier est faible et que les marées sont extrêmement hautes.

Le Fraser façonne la topographie de son bassin par des processus d'érosion et de sédimentation. Les mesures prises à Mission indiquent une charge sédimentaire annuelle moyenne de 17,3 millions de tonnes, dont une grande part est déposée en aval de New Westminster. Par conséquent, le delta du Fraser s'étend jusque dans le détroit de Georgie à un rythme annuel moyen de 4,5 m, et l'embouchure de la branche principale s'avance à un rythme pouvant atteindre 8,6 m par année (Stewart et Tassone, 1989).

Le régime d'écoulement du Fraser est important pour la dilution et la dispersion des polluants. Les utilisations des terres et les prélèvements d'eau qui modifient ce régime ont des répercussions marquées sur la qualité de l'eau. Lorsque le niveau du fleuve est bas, la marée descendante diminue fortement la capacité de dilution du Fraser; lorsque la marée monte, le temps de séjour des contaminants rejetés dans l'estuaire est prolongé.

Près du réseau de drainage du Fraser, l'inlet Burrard et le bras Indian forment un fjord d'eau salée dans lequel se jettent des cours d'eau provenant des bassins hydrographiques escarpés situés sur la côte, au nord de Vancouver. Sous l'influence des marées et des courants, le panache d'eau douce du Fraser gagne souvent l'embouchure de l'inlet Burrard.

Les terres

Des soulèvements répétés de la croûte terrestre ainsi que des intrusions de matière en fusion provenant du centre de la Terre ont donné naissance à la chaîne Côtière. L'érosion a usé les montagnes et déposé des sédiments qui ont formé la roche sous-jacente aux basses terres du Fraser. La glaciation a réduit encore plus les montagnes, creusé les fjords et déprimé les basses terres de sorte que, pendant plusieurs centaines d'années après la période glaciaire, les mers postglaciaires ont inondé la partie inférieure du bassin du Fraser, y déposant des sédiments fertiles. Même aujourd'hui, les basses terres qui bordent le Fraser sont à peine de 0 à 150 m au-dessus du niveau de la mer, et quelques rares montagnes environnantes dépassent les 1 800 m d'altitude.

Les sols de la région témoignent de cette histoire géologique. Sur une partie importante de la plaine d'inondation du Fraser, les sols sont constitués en majeure partie de gleysols humiques caractérisés par une matière organique abondante, une texture fine et une saturation par les inondations et les eaux souterraines pendant de longues périodes. Sur les hautes terres, les sols dominants sont des podzols humo-ferriques. Ces derniers, formés sur des dépôts glaciaires grossiers, se drainent en général si rapidement que les éléments nutritifs peuvent être éliminés par lessivage dans les régions très pluvieuses.

La flore et la faune

La végétation indigène s'est développée en fonction des conditions du climat et des sols et, bien entendu, de la crue des eaux fluviales. Le douglas taxifolié côtier, la pruche occidentale et le thuya géant prédominent sur les basses terres en raison des températures relativement élevées que l'on y trouve. La majeure partie de cette forêt climacique a été abattue ou grandement modifiée par le défrichement des terres. Sous le climat plus frais et plus humide des terres plus élevées, la pruche occidentale et, finalement, la pruche subalpine se rencontrent le plus souvent. Dans le delta lui-même, presque toute la végétation indigène, surtout des arbustes et des graminées, a été sacrifiée à l'urbanisation et à l'agriculture.

L'étendue, la répartition, la variété et la qualité de l'habitat revêtent une importance primordiale pour le bien-être de la faune que l'on trouve dans le bassin inférieur du Fraser. Dans toute la région, un ensemble remarquablement varié d'étendues d'eau douce et d'eau salée et de zones estuariennes, intertidales, riveraines et terrestres fournit les conditions vitales essentielles à l'existence de populations très variées de plantes indigènes, d'invertébrés aquatiques, d'insectes, de poissons, d'oiseaux et de mammifères terrestres et marins.

Le bassin inférieur du Fraser abrite des populations de poissons et d'animaux sauvages d'une importance internationale. On trouve dans le fleuve et ses affluents des habitats primordiaux de frai et d'élevage pour cinq espèces de saumons ainsi que pour la truite arc-en-ciel, la truite fardée et diverses espèces de non-salmonidés. Parmi les 76 espèces de poissons d'eau douce de la Colombie-Britannique, au moins 38 vivent dans le cours inférieur du Fraser. Chaque année, plus de 50 % du nombre total de saumons anadromes qui ne sont pas capturés et qui retournent frayer dans le bassin hydrographique du Fraser gagnent le bassin inférieur de ce fleuve. Plus de 300 espèces d'oiseaux, 45 espèces de mammifères et 16 espèces de reptiles et d'amphibiens vivent dans la vallée inférieure du Fraser et son estuaire. Le delta et l'estuaire du Fraser renferment des habitats essentiels aux oiseaux de la voie migratoire du Pacifique et accueillent, pendant les mois d'hiver, les plus fortes densités d'oiseaux aquatiques, d'oiseaux de rivage et de rapaces du Canada.

LES TENDANCES DANS LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT

En termes généraux, les écosystèmes naturels du bassin inférieur du Fraser ont été profondément influencés par les activités humaines : la foresterie, la pêche, l'agriculture et l'urbanisation. Deux aspects de l'urbanisation, autres que la superficie construite, exercent à leur tour des pressions particulières sur l'écosystème. L'utilisation de combustibles fossiles pour le chauffage et les transports et dans les procédés industriels altère la qualité de l'air et peut contribuer à certains changements atmosphériques à l'échelle de la planète. Une quantité excessive de déchets ainsi que leur élimination inadéquate chargent la terre et l'eau de matières polluantes.

Le reste du présent chapitre décrit l'impact de ces activités sur l'environnement dans le bassin inférieur du Fraser et résume les efforts déployés en vue de corriger la situation.

Les facteurs influant sur la qualité de l'air

L'état actuel et futur de l'environnement atmosphérique dans le bassin inférieur du Fraser résulte et résultera des tendances globales ainsi que des influences locales. Les grandes questions et préoccupations sont les suivantes :

- le réchauffement de la planète et l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique;
- l'augmentation des émissions de polluants atmosphériques par l'industrie et le transport;
- les problèmes de concentrations élevées d'ozone de la basse troposphère dans des régions localisées;
- la vulnérabilité des lacs et des sols aux dépôts acides.

Le changement climatique

Au cours des dernières années, les termes « effet de serre » et « réchauffement de la planète » sont devenus des plus courants grâce aux médias. Tous deux désignent l'effet créé lorsque le dioxyde de carbone et d'autres gaz résultant de la combustion de combustibles fossiles absorbent le rayonnement infrarouge émis par la Terre et le renvoient dans l'atmosphère au lieu de le laisser se disperser dans l'espace. Bien que l'on ait discuté abondamment de ce processus, ses répercussions possibles sur le climat, le niveau des mers, l'eau et le sol ainsi que sur les systèmes biologiques demeurent mal connues.

Plusieurs organismes scientifiques ont tenté de prédire, à l'aide de modèles informatiques, les répercussions possibles du réchauffement global[1]. Selon les projections établies, un doublement des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère d'ici 2050 pourrait entraîner une hausse de 2,5 à 5,0 °C de la température moyenne de l'air tout au long de l'année.

Comme l'air plus chaud peut contenir davantage de vapeur d'eau, un réchauffement dans le bassin inférieur du Fraser pourrait provoquer une augmentation de la quantité annuelle des précipitations. Pendant les mois d'hiver, celles-ci pourraient prendre la forme de pluie plutôt que de neige, même à plusieurs centaines de mètres plus haut dans les montagnes qu'à l'heure actuelle. Un relèvement de la limite des neiges éternelles et des pluies plus abondantes pendant l'hiver pourraient accroître les risques d'inondations hivernales dans les affluents du Fraser qui drainent les bassins hydrographiques de basse altitude, et dans les zones urbaines où les toits, les routes et les terrains de stationnement constituent autant de bassins récepteurs. Répartie sur une année, cette augmentation saisonnière du débit pourrait toutefois être compensée par une diminution de la crue printanière à cause d'un enneigement moins important dans la partie sud de la chaîne Côtière et la région nord des Cascades, qui sont adjacentes au bassin inférieur du Fraser.

On prédit par ailleurs une élévation de l'ordre de 20 à 140 cm du niveau de la mer au cours des cent prochaines années en raison de la fonte des glaciers et de l'expansion thermique de l'eau au fur et à mesure que la mer se réchauffera. L'inondation conséquente des milieux humides côtiers pourrait avoir un impact négatif sur les populations importantes de sauvagine qui s'y reproduisent ou y passent l'hiver ou qui s'en servent comme aire de repos lors de leur migration le long du Pacifique.

De plus, l'élévation de la température et du niveau de l'eau ainsi que la sédimentation imputable à une plus grande érosion pourraient nuire aux poissons qui ont besoin d'eau claire et froide pour frayer et élever leurs petits.

Étant donné la portée des réactions que pourrait déclencher un réchauffement du climat, il serait prudent, pour les autorités des régions comme le bassin inférieur du Fraser, de prendre des mesures de protection. Il faudrait peut-être construire des digues ou relever le niveau de celles qui existent déjà, en prévision de la hausse du niveau de la mer, et aménager des réservoirs en vue de régulariser l'écoulement de surface. En outre, il pourrait être nécessaire d'imposer d'autres restrictions aux travaux d'aménagement et de construction dans les plaines d'inondation. En fait, si le réchauffement se poursuit pendant longtemps, nous n'aurons d'autre choix que de modifier notre façon d'aménager le territoire et d'utiliser les terres, face à un changement environnemental majeur.

Les contaminants atmosphériques

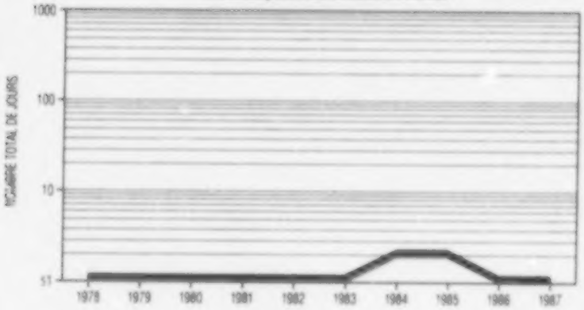
En 1985, les activités humaines ont été en grande partie à l'origine des émissions de 730 000 t d'anhydride sulfureux, de matières particulaires, de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote ainsi que de composés organiques volatils dans le bassin inférieur du Fraser (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*a*). Plus de 70 % de ces substances provenaient de

[1] Les modèles particulièrement pertinents pour le bassin inférieur du Fraser ont été élaborés par Goddard Institute of Space Studies, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory et Oregon State University.

FIGURE 16.2

Tendances décennales (1978–1987) de la qualité de l'air dans le district de la région métropolitaine de Vancouver

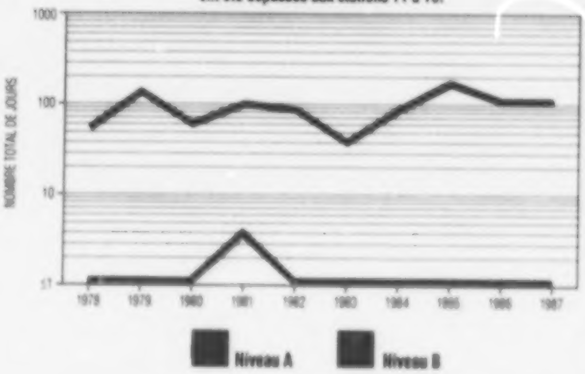
Dioxyde d'azote
Nombre total de jours où les objectifs pour le niveau B ont été dépassés aux stations T1 à T9.



Objectifs nationaux de qualité de l'air (en ppb)

	1 h	8 h	1 an
Niveau A	AO	AO	30
Niveau B	210	110	50
Niveau C	530	160	AO

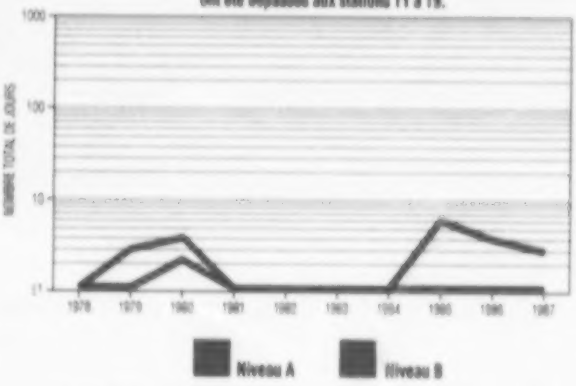
Monoxyde de carbone
Nombre total de jours où les objectifs ont été dépassés aux stations T1 à T9.



Objectifs nationaux de qualité de l'air (en ppm)

	1 h	8 h
Niveau A	13	5
Niveau B	30	13
Niveau C	AO	18

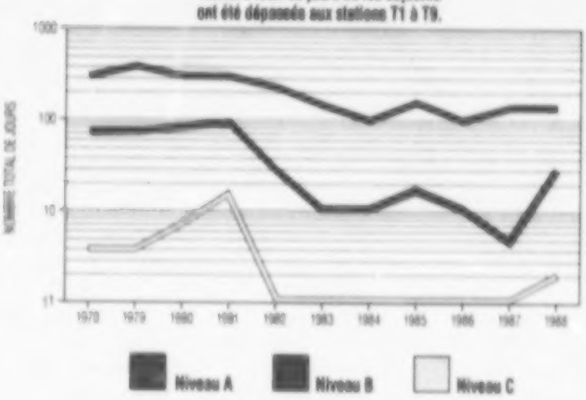
Dioxyde de soufre
Nombre total de jours où les objectifs ont été dépassés aux stations T1 à T9.



Objectifs nationaux de qualité de l'air (en ppb)

	1 h	24 h	1 an
Niveau A	170	60	10
Niveau B	340	110	20
Niveau C	AO	310	AO

Ozone
Nombre total de jours où les objectifs ont été dépassés aux stations T1 à T9.

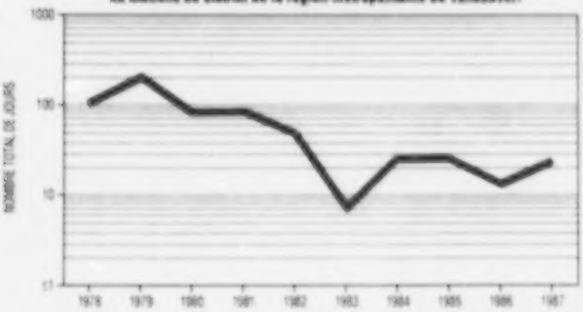


Objectifs nationaux de qualité de l'air (en ppb)

	1 h	1 an
Niveau A	51	AO
Niveau B	82	15
Niveau C	153	AO

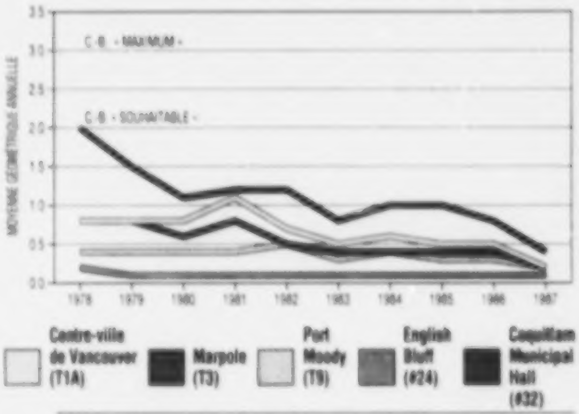
FIGURE 16.2 (SUITE)

Particules totales en suspension
Nombre total de jours où les objectifs du niveau B ont été dépassés à 32 stations du district de la région métropolitaine de Vancouver.



Objectifs nationaux de qualité de l'air (µg/m³)	24 h	1 an
Niveau A	AO	60
Niveau B	120	70
Niveau C	400	AO

Plomb
particulaire en suspension



Objectifs provinciaux de qualité de l'air (µg/m³) (il n'existe aucun objectif national pour ce paramètre)	24 h	1 an
Souhaitable	4	2
Maximum	6	3

AO = aucun objectif
Source : District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*

la région métropolitaine de Vancouver; toutefois, en raison des configurations de la circulation atmosphérique, les polluants ont été transportés vers l'est jusqu'à la ville de Hope.

La combustion de combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole et essence, p. ex.) est la principale cause de la pollution atmosphérique. Bien que le chauffage, les activités industrielles et la combustion en plein air contribuent tous à la pollution, les sources mobiles (véhicules automobiles, aéronefs et trains) produisent la plus grande partie (près de 85 %) des charges totales de polluants atmosphériques dans le district de la région métropolitaine de Vancouver (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*a*). Les véhicules automobiles particuliers constituent la plus grande source de tous les contaminants mesurés dans la région, exception faite du dioxyde de soufre, qui provient surtout de sources industrielles.

Les autorités fédérales, provinciales et régionales ont conjugué leurs efforts pour établir des normes et surveiller les niveaux de pollution de l'air. Le système à trois niveaux des objectifs nationaux de qualité de l'air au Canada comprend : le niveau A (souhaitable : aucune pollution), le niveau B (acceptable : effets minimes sur la santé et l'environnement) et le niveau C (admissible ou tolérable : réduction nécessaire). L'indice de la qualité de l'air du district de la région métropolitaine de Vancouver se fonde sur le système national. La surveillance est effectuée à 42 stations (dont trois sont situées hors du district régional) au moyen de 160 appareils d'échantillonnage (Concord Scientific et Levelton, 1989). La figure 16.2 récapitule la tendance sur dix ans : elle indique la fréquence avec laquelle les concentrations des six contaminants ont dépassé certains objectifs nationaux de qualité de l'air. Dans le cas de l'ozone, la période étudiée s'étend de 1978 à 1988; dans les autres cas, de 1978 à 1987.

Le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote, produit en grande partie par les moteurs à combustion interne, n'a montré aucune tendance perceptible au cours de la décennie à l'étude. L'objectif de niveau B pour une heure, 210 ppb, a été dépassé une fois, et l'objectif de niveau B pour 24 heures, 110 ppb, a été dépassé quatre fois. Les teneurs moyennes en dioxyde d'azote étaient le plus élevées au centre-ville, où elles ont avoisiné ou dépassé 30 fois en tout l'objectif de niveau A pour une année, soit 30 ppb, au cours de la décennie visée (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*).

Le monoxyde de carbone

Les moteurs des véhicules automobiles produisent environ 90 % des émissions de monoxyde de carbone. Celles-ci, tout comme les émissions de dioxyde d'azote, n'ont présenté qu'une faible tendance au cours de la décennie. L'objectif de niveau A pour huit heures,

soit 5 ppm, a été dépassé pendant plusieurs jours pour la plupart des années aux stations de surveillance situées dans des régions où la circulation était dense. Ces phénomènes se sont produits surtout pendant l'automne et l'hiver, lorsque les configurations de la circulation atmosphérique ne favorisent pas la dispersion rapide des polluants (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*).

Le dioxyde de soufre

La combustion de combustibles fossiles sulfurifères, comme le pétrole et le charbon, produit du dioxyde de soufre. Comparativement à d'autres régions urbaines de taille équivalente au Canada, les émissions de dioxyde de soufre sont faibles parce que les besoins en chauffage sont moindres et que le gaz naturel représente le principal combustible de chauffage. L'objectif de niveau A pour une heure a été dépassé à 24 reprises au cours de la décennie, habituellement près des grandes raffineries de pétrole (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*).

L'ozone

Lorsque la lumière du soleil frappe les oxydes d'azote et les hydrocarbures réactifs dans l'atmosphère, il y a production de d'ozone. C'est pourquoi les fortes teneurs en ozone tendent à se produire pendant les après-midi d'été ensoleillés dans les secteurs où la circulation routière est concentrée. Même si l'ozone joue, dans la stratosphère, un rôle de protection en absorbant les rayons ultraviolets du Soleil, l'ozone de la basse troposphère est nocif pour la santé et peut nuire à la croissance des plantes. Dans la vallée du Fraser, les dommages causés aux récoltes par l'ozone s'élèvent à environ 8,8 millions de dollars par année (Ville de Vancouver, 1990). Entre 1978 et 1987, les objectifs des niveaux A et B pour l'ozone ont été dépassés selon une fréquence de plus en plus faible.

Les particules totales en suspension

Les particules en suspension comprennent la fumée, la poussière, les cendres volantes et le pollen, et leurs dimensions varient de 0,1 à 100 µm. Les teneurs en particules totales en suspension ont diminué assez régulièrement de 1978 à 1987. Moins de 3 % des mesures de particules dépassaient l'objectif de niveau B pour 24 heures, soit 120 µg/m³. Dans la plupart de ces cas, il s'agissait d'industries de transformation du bois situées en bordure du Fraser, entre Marpole et Coquitlam (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*).

Les particules de plomb en suspension

Ce polluant provenait en majeure partie de l'essence au plomb; l'abandon progressif de ce carburant a entraîné une diminution considérable des matières particulaires de plomb en suspension. Les teneurs ambiantes en plomb à Vancouver ont baissé de 75 % depuis 1975 (Environnement Canada, 1988). Les concentrations annuelles sont demeurées en-deçà de la limite « souhaitable » de 2 µg/m³ depuis 1978 et, depuis 1984, la limite pour 24 heures, soit 4 µg/m³, n'a été dépassée à aucune des 12 stations de surveillance (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*).

Le maintien de la qualité de l'air

La qualité de l'air dans le bassin inférieur du Fraser est généralement bonne, sauf pendant les périodes de mouvements restreints de l'air qui, comme nous l'avons déjà mentionné, sont souvent associées à des configurations météorologiques saisonnières ainsi qu'à des inversions de température. Au cours des dix dernières années, les teneurs en plomb ont fortement diminué et les teneurs en ozone et en matières particulaires ont généralement montré une tendance à la baisse, même si les teneurs en ozone ont quelque peu augmenté récemment.

On s'attend que les concentrations d'oxydes de soufre (surtout le dioxyde de soufre), d'oxydes d'azote et de particules en suspension augmentent d'ici 2005; toutefois, les concentrations de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures devraient diminuer en raison des règlements sévères que l'on se propose d'appliquer aux émissions des automobiles (tableau 16.1).

En raison de la sensibilisation aiguë du public aux problèmes de l'environnement et du développement de nos connaissances sur la relation qui existe entre les polluants atmosphériques et la santé des humains et des plantes, il se peut que la notion de limite acceptable change. Les décisions en matière de croissance et de répartition démographiques et de planification des transports exerceront probablement une influence des plus marquantes sur la qualité de l'air dans l'avenir. Si l'on néglige cette relation, les concentrations de monoxyde de carbone, d'ozone et de dioxyde de soufre recommenceront à augmenter avec l'accroissement des volumes de circulation et de la distance des déplacements quotidiens.

Les facteurs influant sur la qualité de l'eau

L'approvisionnement en eau et la qualité de l'eau revêtent une importance vitale à l'intérieur du bassin inférieur du Fraser. L'eau est essentielle à la flore et à la faune indigènes et doit répondre aux besoins des humains, qui vont de la consommation domestique aux activités industrielles, agricoles et récréatives. De plus, le fleuve lui-même joue un rôle important puisqu'il dilue et disperse des matières polluantes.

On peut se faire une certaine idée de la pression exercée sur les ressources hydriques d'après la facturation de l'eau dans le district de la région métropolitaine de Vancouver. Ainsi, la consommation d'eau par personne et par jour est passée de 513 L en 1965 à 751 L en 1989 (D.A. Maag, District de la région métropolitaine de Vancouver, comm. pers.). L'augmentation de la demande en eau est proportionnelle à la croissance démographique. Une grande partie de cette demande est assurée par 15 bassins hydrographiques locaux couvrant quelque 4 200 km² (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1980). Des puits fournissent également de l'eau. Dans la partie est de la vallée du Fraser, l'approvisionnement en eau souterraine se situait à environ 30 millions de mètres

cubes, l'équivalent de 44 % de la consommation totale d'eau en 1981 (Halstead, 1986).

À la question centrale des pénuries d'eau et des demandes conflictuelles d'eau à des fins résidentielles, industrielles, agricoles, halieutiques et récréatives, s'ajoutent des questions connexes qui revêtent une importance particulière dans le bassin inférieur du Fraser, notamment :

- la contamination des sédiments et du biote par des matières organiques et des métaux contenus dans les eaux résiduaires des industries et des municipalités ainsi que dans les eaux de ruissellement urbain;
- la surcharge de matières nutritives et l'épuisement de l'oxygène dans les ruisseaux et les eaux dormantes bordant le Fraser et dans la baie Boundary à cause des rejets d'eaux usées;
- les teneurs saisonnières élevées en coliformes fécaux provenant du ruissellement agricole et urbain;
- la pollution des eaux souterraines par des percolats provenant des décharges;
- la dégradation des formations aquifères peu profondes par une exploitation agricole intensive.

La gestion de l'eau

Comme l'indique clairement le terme « plaine d'inondation » (synonyme de périmètre d'inondation), le bassin inférieur du Fraser est exposé à des inondations saisonnières. En 1894, une inondation particulièrement grave s'est produite sur les basses terres du Fraser, les eaux envahissant quelque 708 km² de terres. Une autre inondation d'envergure comparable a dévasté la région en 1948, et il existe une probabilité sur trois que survienne une inondation au moins aussi grave au cours des 60 prochaines années (Environnement Canada et ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, sans date). Il s'agit là d'une réalité particulièrement préoccupante étant donné que, selon les estimations, 15 % de la population de la région vit dans la plaine d'inondation (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1989).

TABLEAU 16.1

Charges actuelles et prévues de polluants atmosphériques (en milliers de tonnes par année) dans le district de la région métropolitaine de Vancouver

Polluant	Charge 1985	Charge 1995	Charge 2005	Variation en % 1985–2005
Oxydes de soufre	12	16	19	+58
Oxydes d'azote	50	51	55	+10
Particules en suspension	121	136	151	+25
Monoxyde de carbone	334	236	233	-30
Hydrocarbures	78	66	69	-12
Totaux[a]	**595**	**505**	**527**	**-11**

[a]Les chiffres ont été arrondis.

Source : District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*b*.

Environ 574 km de digues publiques forment une protection majeure contre les inondations dans le bassin inférieur du Fraser. Le Programme de prévention des inondations du fleuve Fraser, lancé en 1968, prévoit des fonds en vue de l'amélioration du réseau de digues. D'un point de vue environnemental, l'endiguement peut, bien entendu, présenter un aspect négatif. Les digues risquent de modifier de façon radicale d'importants habitats de la zone intertidale, de la plaine d'inondation ainsi que du littoral.

Entre 1979 et 1989, on a dragué chaque année en moyenne 5,5 millions de mètres cubes de sédiments du cours inférieur du Fraser pour l'entretien des canaux de navigation (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1991). De toute évidence, ce dragage perturbe le fond de la vallée fluviale, endommage l'habitat aquatique et, dans certains cas, près des secteurs industriels, brasse des sédiments qui contiennent des contaminants. Pour cette raison, le dragage fait l'objet de restrictions pendant la migration annuelle d'avalaison du jeune saumon, et le rejet des déblais de dragage tant sur la terre ferme qu'en mer est réglementé. Des ouvrages de correction du fleuve (qui dirigent l'écoulement et préviennent la formation de méandres) sont également utilisés sur 20 km dans le but d'accroître l'affouillement du fond fluvial (par l'écoulement rapide de l'eau), ce qui réduit la nécessité du dragage.

Les tendances de la qualité de l'eau

Dans l'ensemble, les objectifs de qualité de l'eau dans les principaux canaux du Fraser sont atteints et la qualité de l'eau est semblable à ce qu'elle était en 1979 (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1987*a*). Cela est dû en grande partie au seul volume d'eau qui chasse les contaminants hors des principaux canaux. Néanmoins, en 1983, on a estimé que jusqu'à 25 % des 148 rejets autorisés d'effluents créaient des problèmes de pollution à des endroits précis (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1985*b*). Cette situation est due en partie au fait que les objectifs en matière de qualité de l'eau ne s'appliquent pas aux zones initiales de dilution où, en certains endroits, persistent des conditions de toxicité.

En bordure du bras North du Fraser et dans les canaux latéraux et les marécages, où l'effet de chasse du courant est faible, la qualité de l'eau soulève des préoccupations majeures. De même, l'eau des cours d'eau urbains est généralement de qualité médiocre. Les rivières Brunette et Coquitlam traversent toutes deux des zones fortement urbanisées. Les efforts locaux d'assai-

nissement ont été très fructueux; pourtant, la rivière Brunette demeure dans un état de dégradation sérieux et de nombreuses mortalités massives de poissons s'y sont produites. La rivière Coquitlam, dont les eaux d'amont limpides fournissent à la région métropolitaine de Vancouver une partie de son eau potable, présente des problèmes chroniques d'envasement. En tout, parmi les 21 masses d'eau du district de la région métropolitaine de Vancouver, la qualité de l'eau est médiocre dans sept cas, moyenne dans neuf cas et bonne dans cinq cas seulement (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*d*).

S'ils ne sont pas touchés par les activités de coupe du bois, les torrents de la région, comme le ruisseau Kanaka, sont relativement limpides. Les niveaux d'acidité des précipitations à l'intérieur du bassin correspondent à la plage de faible acidité (pH de 4,5 à 5,0); toutefois, en raison de la sensibilité élevée des sols et de la sensibilité moyenne à élevée des lacs, de tels niveaux peuvent causer des dommages à long terme (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1985*b*). On a observé une baisse des valeurs du pH associée aux dépôts acides dans les cours d'eau qui drainent les régions dotées d'un faible pouvoir tampon naturel (Whitfield et Dalley, 1987).

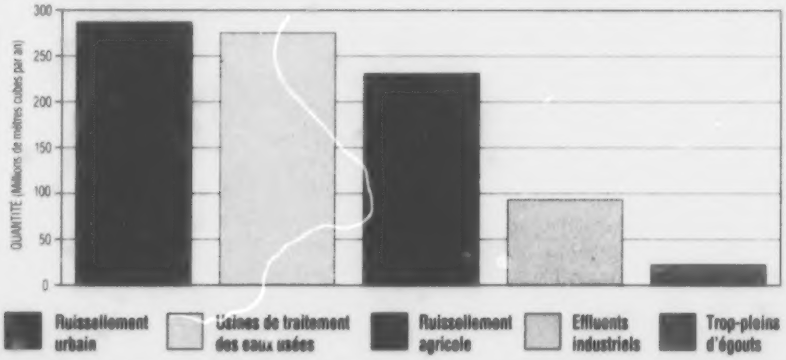
Dans les régions des basses terres, les cours d'eau qui drainent les terres agricoles ou les zones urbaines connexes transportent souvent des charges importantes de matières nutritives et de contaminants, d'où un épuisement de l'oxygène et des mortalités fréquentes de poissons. Plusieurs autres effets de la dégradation de l'eau sont également évidents. La baie Boundary et les bancs Sturgeon et Roberts sont fermés à la récolte des myes et des huîtres depuis 1962 parce que les teneurs élevées en bactéries coliformes rendent les bivalves impropres à la consommation. La mise en place, en 1988, d'un émissaire en haute mer à partir de la station de traitement des eaux usées d'Iona a entraîné une réduction du nombre de coliformes dans le secteur des plages de Vancouver, où l'on avait périodiquement interdit la baignade. Sur le banc Sturgeon, toutefois, 25 ans de rejets directs provenant de cette station avaient déjà gravement dégradé la qualité de l'écosystème estuarien.

On a relevé la présence de contaminants dans l'écosystème à divers endroits de l'estuaire. Les métaux et les composés organiques posent un problème particulier parce qu'ils s'accumulent dans les tissus des organismes. Bien que l'on n'ait observé aucune tendance définie (Harding et collab., 1988), les analyses effectuées au cours des 15 dernières années révèlent une accumulation évidente de contaminants dans le foie des poissons (Swain et Walton, 1989). Récemment, on s'est également préoccupé de la présence de métaux et de chlorophénols dans le bras North (Krahn et collab., 1987), de l'impact des dioxines et des furanes sur le poisson et sur les autres formes de vie aquatique, ainsi que des effets des produits chimiques organochlorés sur le succès de la reproduction du grand héron (Elliott et collab., 1989).

FIGURE 16.3

Quantité (millions de mètres cubes par an) d'effluents rejetée dans le Fraser et son estuaire ainsi que dans la baie Boundary, ventilée selon les sources

La quantité totale s'élève à 908 521 000 m³/an.



Source : Programme de gestion de l'estuaire du Fraser, 1990.

La pollution de l'eau

La réglementation de l'utilisation de l'eau pour la consommation humaine représente peut-être le défi le plus simple à relever en matière de protection de l'eau dans le bassin inférieur du Fraser. Les problèmes posés par l'utilisation du fleuve et de l'estuaire comme système d'élimination pratique dans lequel sont rejetées les eaux résiduaires domestiques et industrielles sont plus complexes et épineux.

Les principales sources de pollution dans le cours inférieur du Fraser sont les eaux usées domestiques, les effluents industriels ainsi que le ruissellement urbain et agricole (figure 16.3). Entre Hope et le ruisseau Kanaka, les sources ponctuelles (c.-à-d. les points de rejet fixes comme les stations de traitement et les émissaires industriels) rejettent à elles seules 38 millions de mètres cubes d'effluents dans le Fraser chaque année (Swain et Holms, 1985). En aval du ruisseau Kanaka, on estime à 865 millions de mètres cubes le rejet annuel d'effluents dans l'estuaire du Fraser et la baie Boundary provenant de sources ponctuelles et diffuses (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1990).

Il est cependant difficile de mesurer la quantité totale de polluants, plus particulièrement ceux qui proviennent des sources diffuses. La figure 16.4 présente les rejets dans le bassin inférieur du Fraser, autorisés en vertu de permis du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique; toutefois, il est à remarquer que le volume et la composition réels des rejets ainsi que les

normes régissant la surveillance et la déclaration par les détenteurs de permis varient considérablement.

La croissance économique en amont a entraîné une augmentation marquée des niveaux de pollution. Entre 1965 et 1985, la quantité d'effluents municipaux rejetés dans la rivière Thompson et le cours supérieur du Fraser a quadruplé, passant de 32 600 m^3 par jour à environ 140 300 m^3 par jour (Servizi, 1989). Au cours de la même période, les rejets industriels quotidiens de sources situées en amont (notamment six nouvelles usines de pâtes et papiers) ont considérablement augmenté, passant de 1 400 m^3 à 643 900 m^3.

Les eaux usées

Les établissements humains produisent des déchets humains. Lorsque les quantités globales étaient peu importantes, l'élimination des eaux usées n'était pas considérée comme un problème dans la région. Le volume des eaux usées a augmenté proportionnellement à la population et, par conséquent, le traitement et l'élimination de ces eaux sont devenus une préoccupation majeure dans le district de la région métropolitaine de Vancouver.

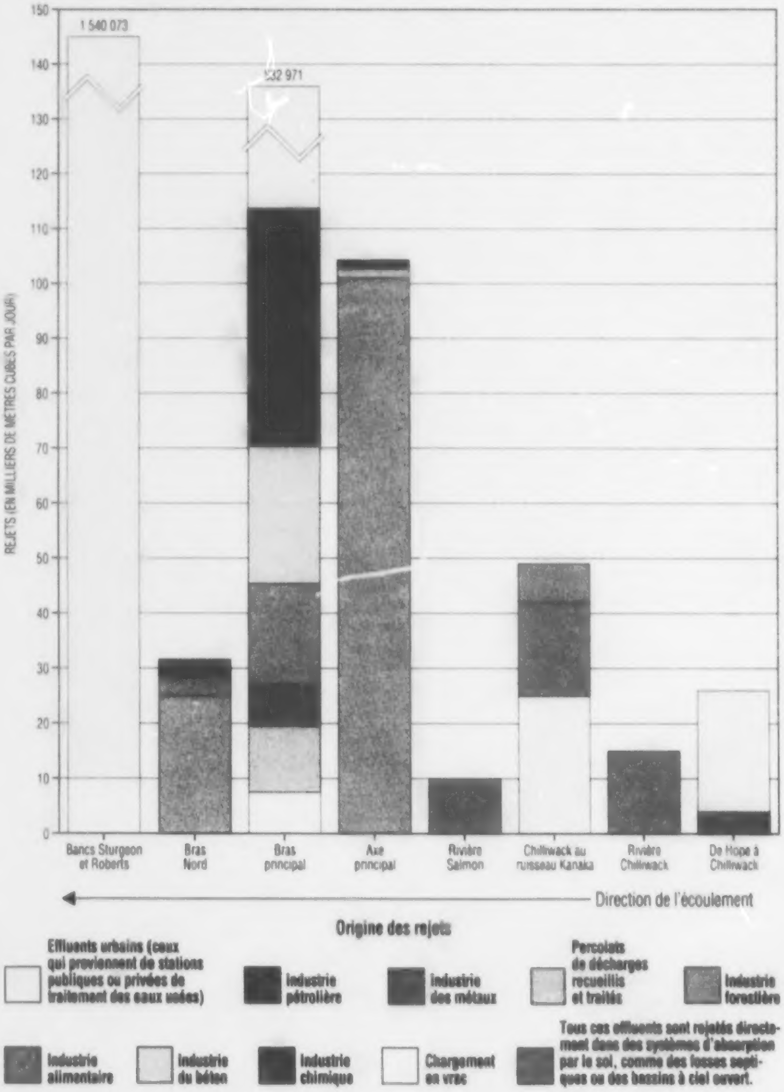
Plus de 90 % des eaux usées domestiques produites dans le bassin inférieur du Fraser passent par trois stations de traitement primaire situées sur les îles Iona, Lulu et Annacis, dans l'estuaire du Fraser. Selon les conditions météorologiques, elles peuvent collectivement traiter de 750 000 m^3 à plus de 2 millions de mètres cubes d'effluents par jour (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*d*), soit un volume suffisant pour remplir le stade B.C. Place 160 fois par année.

Entre le ruisseau Kanaka et Hope, des stations de traitement secondaire de six municipalités rejettent environ 35 000 m^3 d'effluents par jour dans le cours inférieur du Fraser (données en archives, Direction de la gestion des déchets, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique). Toutefois, ce volume semble minime comparativement aux rejets provenant des localités de Surrey, Maple Ridge,

FIGURE 16.4

Répartition des rejets dans le bassin inférieur du Fraser autorisés en vertu de permis du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1987

Rejets autorisés en aval de Hope, par Chilliwack, au-delà de l'embouchure du ruisseau Kanaka jusqu'aux bancs Sturgeon et Roberts. Les bassins des rivières Salmon et Chilliwack sont des bassins tributaires.



- La source du rejet désigne le secteur industriel où a lieu le rejet.
- Les rejets municipaux sont fondés sur les débits maximums permis, qui sont beaucoup plus élevés que les écoulements moyens par temps sec.
- Les rejets de moins de 1 000 m3/jour ne sont pas indiqués.
- Les chiffres relatifs aux rejets entre Chilliwack et le ruisseau Kanaka comprennent des rejets autorisés de 1 1000 m3/jour dans le marais Hope, tous dans des systèmes d'absorption par le sol.
- Dans le cas de la baie Boundary, pour laquelle aucune indication n'est fournie, les rejets autorisés en 1987 s'établissaient à 2 795 m3/jour, tous dans des systèmes d'absorption par le sol à l'exception de 336 m3/jour, et tous jusqu'à ses affluents.
- Les rejets sur le banc Sturgeon sont surtout composés d'effluents de la station de traitement d'Iona, qui sont rejetés dans le détroit de Georgie au moyen d'émissaires en haute mer depuis avril 1988.

Source : Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Direction de la gestion des déchets, dossiers des permis (1987); Programme de gestion de l'estuaire du Fraser, 1990.

Langley et Coquitlam (région de Lower Mainland), qui connaissent une expansion rapide. Ensemble, ces localités sont à l'origine de 60 % de l'augmentation, depuis 1976, du débit d'eaux usées dirigé en totalité vers la station de l'île Annacis. En outre, on s'attend que le volume provenant de cette station double au cours des 45 prochaines années.

Le niveau de traitement des eaux usées dans la région est en voie d'amélioration. La figure 16.5 indique les changements survenus entre 1983 et 1989, en pourcentage de la population desservie par divers niveaux de traitement des eaux usées.

Un réseau hydrographique majeur peut absorber et disperser certaines quantités d'eaux usées sans subir d'effet négatif immédiat. Toutefois, lorsque les effluents sont rejetés dans un fleuve à marées comme le cours inférieur du Fraser, le flux de la marée ne favorise pas toujours une dispersion rapide. Ainsi, par mer étale, les effluents de la station de l'île Annacis peuvent s'accumuler et se répandre sur la largeur du fleuve en deux heures à peine. Pendant certaines périodes de l'année, des millions de jeunes saumons et de larves d'eulakane (un poisson) doivent traverser ce ruban nocif d'eau polluée (Birtwell et collab., 1988). Si le débit du fleuve est faible, les concentrations des effluents peuvent demeurer sur place jusqu'à deux jours. On a relevé des effets létaux et sublétaux des contaminants sur les poissons. Toutefois, aucune technique d'application courante ne permet d'établir un lien entre ces effets et les répercussions globales sur les populations de poissons (Birtwell et collab., 1988).

L'apport de métaux lourds toxiques et de contaminants organiques dans les eaux usées domestiques, par l'intermédiaire des raccordements des industries aux réseaux d'égouts municipaux, pose un autre problème. Ces substances ne peuvent généralement pas être éliminées par traitement primaire et peuvent causer des effets létaux et sublétaux chez les organismes aquatiques par accumulation dans les tissus.

Les effluents industriels

L'économie prospère du bassin inférieur du Fraser repose sur les industries des produits chimiques, de la construction, de l'alimentation, des produits forestiers, de la transformation des métaux, du pétrole ainsi que du transport maritime; toutes ces industries produisent des déchets. De nombreuses compagnies ont reçu l'autorisation de rejeter des contaminants directement dans le fleuve. Les rejets directs autorisés totalisent actuellement environ 300 000 m^3/jour (données en archives, Direction de la gestion des déchets, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique). Cette quantité est inférieure aux 351 571 m^3 rejetés chaque jour en 1973 (Hoos et Packman, 1974), surtout par suite du réacheminement des effluents industriels vers la station de traitement des eaux usées de l'île Annacis, dont l'aménagement a pris fin en 1975. Il se peut toutefois que les chiffres réels soient beaucoup plus élevés, étant donné que certains détenteurs de permis excèdent les limites qui leur sont fixées et que d'autres peuvent procéder à des rejets non autorisés (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1990).

Les contaminants industriels comprennent les huiles, les graisses, les matières solides en suspension, les métaux comme le plomb, le cuivre, le cadmium, le chrome, le manganèse, le nickel et le zinc ainsi que des douzaines de composés organiques. Bon nombre de ces substances sont toxiques pour les organismes vivants, certaines modifient les valeurs du pH (acidité) et d'autres épuisent l'oxygène dissous dans l'eau par des processus biologiques ou chimiques de décomposition.

En plus des préoccupations soulevées par les rejets industriels autorisés, l'attention a été récemment attirée sur les opérations forestières où l'on utilise des chlorophénols comme agents de préservation et d'autres produits anticoloration (voir le chapitre 10). Les charges moyennes de chlorophénols dans le Fraser, en aval du ruisseau Kanaka, ont été estimées à 490 kg/an et ce, pour 25 usines (Krahn et collab., 1987). En 1989, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique a adopté, en vertu du *Waste Management Act*, des règlements établissant les concentrations maximales de rejet de ces produits chimiques tant dans les égouts pluviaux que dans les eaux de ruissellement provenant des zones d'entreposage du bois traité. L'emploi des chlorophénols baisse au fur et à mesure que les compagnies forestières adoptent d'autres agents de préservation.

Le ruissellement urbain

Avant l'urbanisation extensive du bassin inférieur du Fraser, l'impact des précipitations sur le bassin hydrographique était neutralisé par les forêts et les sols absorbants. Le remplacement du couvert naturel par des routes asphaltées et des parcs de stationnement, des toitures d'immeubles et d'autres structures imperméables a créé un énorme bassin récepteur d'où l'eau de pluie est dirigée vers le fleuve, l'estuaire et les eaux côtières adjacentes.

Les égouts pluviaux et les fossés déversent le ruissellement urbain en de nombreux points dans le bassin. Chaque année, le ruissellement urbain ainsi acheminé vers l'estuaire du Fraser totalise environ 165 millions de mètres cubes d'eau, et celui qui se déverse dans la baie Boundary, 122 millions de mètres cubes d'eau (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*e*). L'analyse d'échantillons des eaux de ruissellement a montré que les concentrations d'éléments nutritifs et de métaux y sont plus élevées que dans le fleuve (Swain, 1983; Lawson et collab., 1985). Dans certaines zones, les réseaux d'égouts unitaires amènent les eaux pluviales aux stations de traitement des eaux usées, ce qui entraîne des surcharges de ruissellement urbain et d'eaux usées brutes pendant les orages. Il existe 22 déversoirs d'égouts unitaires le long de l'axe fluvial et du bras North, avec des débits annuels de 22 millions de mètres cubes (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*e*).

Les rejets agricoles

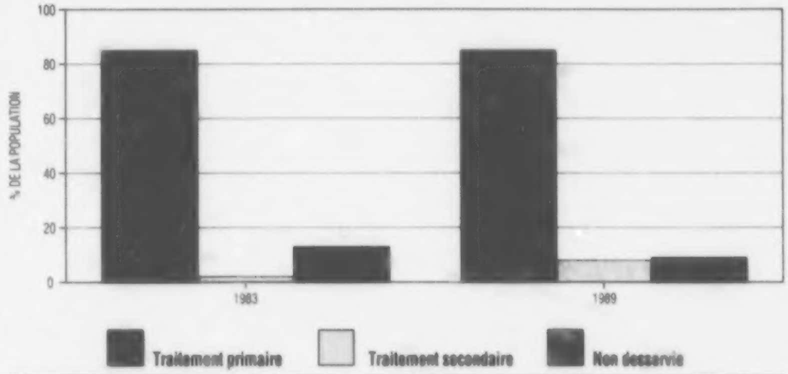
L'intensification des pratiques agricoles dans la plaine d'inondation du cours inférieur du Fraser et sur les

hautes terres adjacentes a diminué la capacité d'absorption des sols. Par conséquent, l'utilisation de fumier, d'engrais chimiques et de pesticides a contribué à la contamination des fossés et des voies d'eau adjacents. De plus, la quantité d'éléments nutritifs, de bactéries et de métaux dans le ruissellement agricole a considérablement augmenté entre 1979 et 1987. Les éléments nutritifs créent une forte demande biochimique en oxygène dans les masses d'eau en stimulant la croissance des algues. Lorsque la population d'algues meurt, le processus de décomposition entraîne l'épuisement de l'oxygène. L'effet combiné de cet épuisement et la présence de substances toxiques dissoutes a causé des mortalités massives de poissons dans un certain nombre de petits affluents du Fraser. Bien que l'on puisse difficilement établir des chiffres précis sur une vaste superficie, on estime que la totalité du ruissellement des terres agricoles dans l'estuaire, en aval du ruisseau Kanaka, pourrait être en moyenne de 632 000 m^3/jour (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*f*). Cette question constitue le point central de l'entente fédérale-provinciale actuelle sur la conservation des sols.

Les sources diverses

Exception faite des principales sources de contaminants susmentionnées, les matières polluantes peuvent pénétrer dans le fleuve par infiltration depuis les décharges ou les réservoirs souterrains d'entreposage, lors de rejets accidentels ou délibérés à partir d'habitations flottantes ou de navires, ainsi que lors d'activités de construction ou de sablage des ponts. Entre 1984 et 1986, on a signalé 61 déversements de produits chimiques ou de pétrole dans l'estuaire du Fraser (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1987*b*); il n'existe aucun moyen de connaître le nombre, le type et les volumes d'autres déversements qui peuvent ne pas avoir été signalés. Les contaminants atmosphériques contribuent également à la pollution de l'eau, tout comme les produits chimiques dissous provenant du bois des quais ayant subi un traitement de préservation, de la peinture anti-salissures appliquée sur la coque des embarcations, de même que des percolats des déchets de bois utilisés comme remblai (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*f*).

Proportion de la population desservie par des stations de traitement des eaux usées dans les régions métropolitaines de recensement de Vancouver, Matsqui et Chilliwack, 1983–1989



1983 : 1 409 402 personnes
1989 : 1 637 595 personnes
Source : Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, données sur l'utilisation de l'eau par les municipalités.

Le maintien des ressources hydriques

La qualité de l'eau du bassin inférieur du Fraser permet-elle d'assurer un environnement sain qui réponde aux besoins des humains, des poissons et de la faune? Il existe trop peu d'informations pour nous permettre de répondre à cette question fondamentale. Selon les données à notre disposition, en dehors des zones de dilution initiale, la qualité de l'eau dans les canaux principaux du Fraser ne s'est pas beaucoup dégradée aux cours des dix dernières années. Il existe toutefois, comme nous l'avons noté plus haut, des secteurs à risques, particulièrement dans les cours d'eau urbains et partout où l'effet de chasse d'eau naturel ne suffit pas à disperser les polluants. Il existe également des incertitudes quant à la bioaccumulation des contaminants chez les poissons et la faune.

L'établissement d'objectifs provisoires de qualité de l'eau par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et leur intégration dans un plan sur la qualité de l'eau dans le cadre du Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser marquent une étape décisive dans la détermination des conditions de base. Il reste encore beaucoup de travail à faire. Des mesures importantes de surveillance seront nécessaires, particulièrement dans le cas des chlorophénols, des métaux lourds et des contaminants organiques dans les eaux de surface, les sédiments et le biote, ainsi que dans le cas des nitrates et des contaminants organiques dans les eaux souterraines. Des essais biologiques et une surveillance des contaminants dans les sédiments et les organismes sont également requis. En outre, il faudra mettre en œuvre des protocoles de surveillance uniformes sur les sites de rejet d'effluents municipaux et industriels. L'absence actuelle de surveillance du milieu naturel dans les zones de dilution initiale signifie que les ruissellements concentrés de pesticides, les panaches de contaminants ainsi que les conditions toxiques ou anoxiques (épuisement d'oxygène) près des points de rejet pourraient passer inaperçus.

Langley et Coquitlam (région de Lower Mainland), qui connaissent une expansion rapide. Ensemble, ces localités sont à l'origine de 60 % de l'augmentation, depuis 1976, du débit d'eaux usées dirigé en totalité vers la station de l'île Annacis. En outre, on s'attend que le volume provenant de cette station double au cours des 45 prochaines années.

Le niveau de traitement des eaux usées dans la région est en voie d'amélioration. La figure 16.5 indique les changements survenus entre 1983 et 1989, en pourcentage de la population desservie par divers niveaux de traitement des eaux usées.

Un réseau hydrographique majeur peut absorber et disperser certaines quantités d'eaux usées sans subir d'effet négatif immédiat. Toutefois, lorsque les effluents sont rejetés dans un fleuve à marées comme le cours inférieur du Fraser, le flux de la marée ne favorise pas toujours une dispersion rapide. Ainsi, par mer étale, les effluents de la station de l'île Annacis peuvent s'accumuler et se répandre sur la largeur du fleuve en deux heures à peine. Pendant certaines périodes de l'année, des millions de jeunes saumons et de larves d'eulakane (un poisson) doivent traverser ce ruban nocif d'eau polluée (Birtwell et collab., 1988). Si le débit du fleuve est faible, les concentrations des effluents peuvent demeurer sur place jusqu'à deux jours. On a relevé des effets létaux et sublétaux des contaminants sur les poissons. Toutefois, aucune technique d'application courante ne permet d'établir un lien entre ces effets et les répercussions globales sur les populations de poissons (Birtwell et collab., 1988).

L'apport de métaux lourds toxiques et de contaminants organiques dans les eaux usées domestiques, par l'intermédiaire des raccordements des industries aux réseaux d'égouts municipaux, pose un autre problème. Ces substances ne peuvent généralement pas être éliminées par traitement primaire et peuvent causer des effets létaux et sublétaux chez les organismes aquatiques par accumulation dans les tissus.

Les effluents industriels

L'économie prospère du bassin inférieur du Fraser repose sur les industries des produits chimiques, de la construction, de l'alimentation, des produits forestiers, de la transformation des métaux, du pétrole ainsi que du transport maritime; toutes ces industries produisent des déchets. De nombreuses compagnies ont reçu l'autorisation de rejeter des contaminants directement dans le fleuve. Les rejets directs autorisés totalisent actuellement environ 300 000 m^3/jour (données en archives, Direction de la gestion des déchets, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique). Cette quantité est inférieure aux 351 571 m^3 rejetés chaque jour en 1973 (Hoos et Packman, 1974), surtout par suite du réacheminement des effluents industriels vers la station de traitement des eaux usées de l'île Annacis, dont l'aménagement a pris fin en 1975. Il se peut toutefois que les chiffres réels soient beaucoup plus élevés, étant donné que certains détenteurs de permis excèdent les limites qui leur sont fixées et que d'autres peuvent procéder à des rejets non autorisés (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1990).

Les contaminants industriels comprennent les huiles, les graisses, les matières solides en suspension, les métaux comme le plomb, le cuivre, le cadmium, le chrome, le manganèse, le nickel et le zinc ainsi que des douzaines de composés organiques. Bon nombre de ces substances sont toxiques pour les organismes vivants, certaines modifient les valeurs du pH (acidité) et d'autres épuisent l'oxygène dissous dans l'eau par des processus biologiques ou chimiques de décomposition.

En plus des préoccupations soulevées par les rejets industriels autorisés, l'attention a été récemment attirée sur les opérations forestières où l'on utilise des chlorophénols comme agents de préservation et d'autres produits anticoloration (voir le chapitre 10). Les charges moyennes de chlorophénols dans le Fraser, en aval du ruisseau Kanaka, ont été estimées à 490 kg/an et ce, pour 25 usines (Krahn et collab., 1987). En 1989, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique a adopté, en vertu du *Waste Management Act*, des règlements établissant les concentrations maximales de rejet de ces produits chimiques tant dans les égouts pluviaux que dans les eaux de ruissellement provenant des zones d'entreposage du bois traité. L'emploi des chlorophénols baisse au fur et à mesure que les compagnies forestières adoptent d'autres agents de préservation.

Le ruissellement urbain

Avant l'urbanisation extensive du bassin inférieur du Fraser, l'impact des précipitations sur le bassin hydrographique était neutralisé par les forêts et les sols absorbants. Le remplacement du couvert naturel par des routes asphaltées et des parcs de stationnement, des toitures d'immeubles et d'autres structures imperméables a créé un énorme bassin récepteur d'où l'eau de pluie est dirigée vers le fleuve, l'estuaire et les eaux côtières adjacentes.

Les égouts pluviaux et les fossés déversent le ruissellement urbain en de nombreux points dans le bassin. Chaque année, le ruissellement urbain ainsi acheminé vers l'estuaire du Fraser totalise environ 165 millions de mètres cubes d'eau, et celui qui se déverse dans la baie Boundary, 122 millions de mètres cubes d'eau (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*e*). L'analyse d'échantillons des eaux de ruissellement a montré que les concentrations d'éléments nutritifs et de métaux y sont plus élevées que dans le fleuve (Swain, 1983; Lawson et collab., 1985). Dans certaines zones, les réseaux d'égouts unitaires amènent les eaux pluviales aux stations de traitement des eaux usées, ce qui entraîne des surcharges de ruissellement urbain et d'eaux usées brutes pendant les orages. Il existe 22 déversoirs d'égouts unitaires le long de l'axe fluvial et du bras North, avec des débits annuels de 22 millions de mètres cubes (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*e*).

Les rejets agricoles

L'intensification des pratiques agricoles dans la plaine d'inondation du cours inférieur du Fraser et sur les

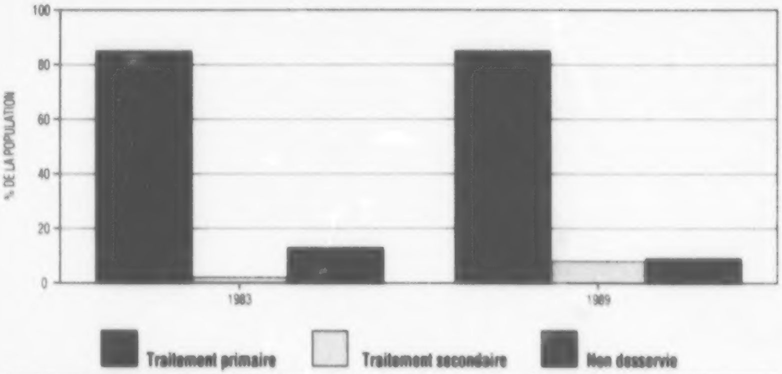
hautes terres adjacentes a diminué la capacité d'absorption des sols. Par conséquent, l'utilisation de fumier, d'engrais chimiques et de pesticides a contribué à la contamination des fossés et des voies d'eau adjacents. De plus, la quantité d'éléments nutritifs, de bactéries et de métaux dans le ruissellement agricole a considérablement augmenté entre 1979 et 1987. Les éléments nutritifs créent une forte demande biochimique en oxygène dans les masses d'eau en stimulant la croissance des algues. Lorsque la population d'algues meurt, le processus de décomposition entraîne l'épuisement de l'oxygène. L'effet combiné de cet épuisement et la présence de substances toxiques dissoutes a causé des mortalités massives de poissons dans un certain nombre de petits affluents du Fraser. Bien que l'on puisse difficilement établir des chiffres précis sur une vaste superficie, on estime que la totalité du ruissellement des terres agricoles dans l'estuaire, en aval du ruisseau Kanaka, pourrait être en moyenne de 632 000 m^3/jour (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*f*). Cette question constitue le point central de l'entente fédérale-provinciale actuelle sur la conservation des sols.

Les sources diverses

Exception faite des principales sources de contaminants susmentionnées, les matières polluantes peuvent pénétrer dans le fleuve par infiltration depuis les décharges ou les réservoirs souterrains d'entreposage, lors de rejets accidentels ou délibérés à partir d'habitations flottantes ou de navires, ainsi que lors d'activités de construction ou de sablage des ponts. Entre 1984 et 1986, on a signalé 61 déversements de produits chimiques ou de pétrole dans l'estuaire du Fraser (Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, 1987*b*); il n'existe aucun moyen de connaître le nombre, le type et les volumes d'autres déversements qui peuvent ne pas avoir été signalés. Les contaminants atmosphériques contribuent également à la pollution de l'eau, tout comme les produits chimiques dissous provenant du bois des quais ayant subi un traitement de préservation, de la peinture anti-salissures appliquée sur la coque des embarcations, de même que des percolats des déchets de bois utilisés comme remblai (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*f*).

FIGURE 16.8

Proportion de la population desservie par des stations de traitement des eaux usées dans les régions métropolitaines de recensement de Vancouver, Matsqui et Chilliwack, 1983–1989



1983 : 1 409 402 personnes
1989 : 1 637 595 personnes
Source : Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, données sur l'utilisation de l'eau par les municipalités.

Le maintien des ressources hydriques

La qualité de l'eau du bassin inférieur du Fraser permet-elle d'assurer un environnement sain qui réponde aux besoins des humains, des poissons et de la faune? Il existe trop peu d'informations pour nous permettre de répondre à cette question fondamentale. Selon les données à notre disposition, en dehors des zones de dilution initiale, la qualité de l'eau dans les canaux principaux du Fraser ne s'est pas beaucoup dégradée aux cours des dix dernières années. Il existe toutefois, comme nous l'avons noté plus haut, des secteurs à risques, particulièrement dans les cours d'eau urbains et partout où l'effet de chasse d'eau naturel ne suffit pas à disperser les polluants. Il existe également des incertitudes quant à la bioaccumulation des contaminants chez les poissons et la faune.

L'établissement d'objectifs provisoires de qualité de l'eau par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et leur intégration dans un plan sur la qualité de l'eau dans le cadre du Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser marquent une étape décisive dans la détermination des conditions de base. Il reste encore beaucoup de travail à faire. Des mesures importantes de surveillance seront nécessaires, particulièrement dans le cas des chlorophénols, des métaux lourds et des contaminants organiques dans les eaux de surface, les sédiments et le biote, ainsi que dans le cas des nitrates et des contaminants organiques dans les eaux souterraines. Des essais biologiques et une surveillance des contaminants dans les sédiments et les organismes sont également requis. En outre, il faudra mettre en œuvre des protocoles de surveillance uniformes sur les sites de rejet d'effluents municipaux et industriels. L'absence actuelle de surveillance du milieu naturel dans les zones de dilution initiale signifie que les ruissellements concentrés de pesticides, les panaches de contaminants ainsi que les conditions toxiques ou anoxiques (épuisement d'oxygène) près des points de rejet pourraient passer inaperçus.

Les facteurs influant sur la flore et la faune

Au cours des deux derniers siècles, les activités humaines dans le bassin inférieur du Fraser ont eu de profondes répercussions sur les espèces qui se trouvaient dans la région bien avant l'arrivée des humains. Toutefois, plus de 300 espèces d'oiseaux, 46 espèces de mammifères et 16 espèces de reptiles et d'amphibiens vivent encore dans la vallée inférieure du Fraser et dans son estuaire (Butler et Campbell, 1987). Quelques autres espèces fréquentent les montagnes environnantes, et au moins 87 espèces de poissons ainsi que des centaines de plantes et des milliers d'invertébrés sont indigènes de la région.

Les habitats et les populations

On peut s'attendre que plusieurs tendances influent sur le maintien des populations de poissons et d'animaux sauvages et de leurs habitats :

- la perte des milieux humides au profit de la croissance urbaine, des ouvrages de lutte contre les inondations et des plans de drainage;
- l'épuisement des stocks de saumons et de poissons d'eau douce en raison d'une surpêche et de la perte d'habitats;
- la dégradation des habitats fluviaux et estuariens par suite d'une utilisation inadéquate des terres;
- l'élimination ou l'altération des habitats forestiers et d'autres habitats des hautes terres en raison de la croissance urbaine et de la récolte du bois.

De plus, les populations et les habitats peuvent être touchés par les effets toxiques des pesticides et des engrais agricoles, et les pratiques agricoles peuvent modifier la répartition des espèces fauniques.

Les habitats aquatiques

Les eaux du bassin inférieur du Fraser sont des habitats naturellement productifs où vivent au moins 87 espèces de poissons sédentaires ou migratrices d'eau salée, d'eau douce et anadromes à divers stades de leur vie. Les stocks entiers du saumon kéta du réseau du Fraser, les trois quarts des populations de saumons roses et de saumons cohos, un tiers de la population de saumons chinooks et un huitième de celle de saumons nerkas frayent dans le bassin inférieur du Fraser (Farwell et collab., 1987). Dans une année moyenne, plus de 800 millions de jeunes saumons descendent le cours inférieur du Fraser pour se rendre à la mer (Pêches et Océans Canada, 1988). Faisant contraste à l'abondance du saumon, une espèce en danger de disparition, le meunier de Salish, l'un des poissons les plus rares du Canada, vit dans les eaux d'amont de quelques ruisseaux frais à débit lent, au sud-est de Vancouver (Burnett et collab., 1989).

En direction de la mer, au-delà de l'estuaire du Fraser, se trouve le détroit de Georgie, habité par de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés. Des mammifères marins comme l'épaulard, le phoque commun et l'otarie fréquentent ces eaux, tout comme de nombreux oiseaux de mer (Butler et Campbell, 1987).

Les habitats en milieu humide

Les milieux humides du delta du Fraser fournissent un habitat d'une importance vitale pour les oiseaux de la voie migratoire du Pacifique. Les vasières et les marais intertidaux accueillent en moyenne un demi-million d'oiseaux (sauvagine, larinés et oiseaux de rivage), et l'on y a dénombré, certaines années, jusqu'à 1,4 million d'oiseaux pendant les périodes de pointe de la migration (Butler et Campbell, 1987).

D'octobre à avril, les oies des neiges se nourrissent dans les marais d'estran et les champs voisins par dizaines de milliers. Pendant les mois d'hiver, aucun site canadien n'accueille autant de sauvagine, d'oiseaux de rivage et de rapaces que le delta du Fraser (Butler et Campbell, 1987; Campbell et collab., 1990).

Les habitats des hautes terres

Les hautes terres de la région se composent de trois zones d'habitats naturels. Par ordre croissant d'altitude, ce sont la zone de la pruche occidentale côtière, celle de la pruche subalpine et celle de la toundra alpine (ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, 1988). Bien que l'exploitation forestière, l'agriculture et la croissance urbaine altèrent ou éliminent graduellement la végétation forestière naturelle sur de vastes étendues, des populations importantes d'animaux sauvages continuent de survivre dans ces habitats. On peut encore trouver du gros gibier comme le cerf à queue noire, l'ours noir et la chèvre de montagne à certains endroits. Quinze espèces d'animaux à fourrure, notamment l'écureuil, le rat musqué, la belette et le raton laveur, habitent la région, tout comme une gamme variée d'oiseaux chanteurs, de gibier à plumes des hautes terres et de rapaces. La concentration d'animaux en certaines saisons est remarquable. On peut voir, par exemple, un grand nombre de pygargues à tête blanche dans la région de la rivière Harrison à l'automne et au début de l'hiver.

Les transformations de l'habitat

Les activités humaines dans le bassin inférieur du Fraser ont imposé des changements majeurs aux écosystèmes et aux populations fauniques de toute la région. Bien que la perte d'habitats puisse être la cause de la diminution de la production de poissons, on se préoccupe également de la dégradation des habitats sur le plan de la qualité de l'eau et de la réduction de l'écoulement de certains petits ruisseaux. Comme nous l'avons déjà signalé, le ruissellement agricole, les eaux usées municipales et les effluents industriels contribuent tous à l'apparition de conditions toxiques et anoxiques dans les cours d'eau et les canaux où les matières polluantes ne sont pas chassées facilement.

Les transformations de l'habitat ont été marquées dans les milieux humides du delta et de l'estuaire. Ainsi, la superficie des milieux humides dans une partie des basses terres du sud-ouest du

Fraser a diminué de 27 % entre 1967 et 1982 (Pilon et Kerr, 1984). Selon les inventaires de l'estran de l'estuaire du Fraser, il reste aujourd'hui 3 274 ha d'habitats marécageux intertidaux et 193 km d'habitats riverains (Williams, 1986; Kistritz, 1989). La figure 16.6 illustre le changement survenu dans la composition des habitats sur les terres du delta du Fraser au cours des cent dernières années.

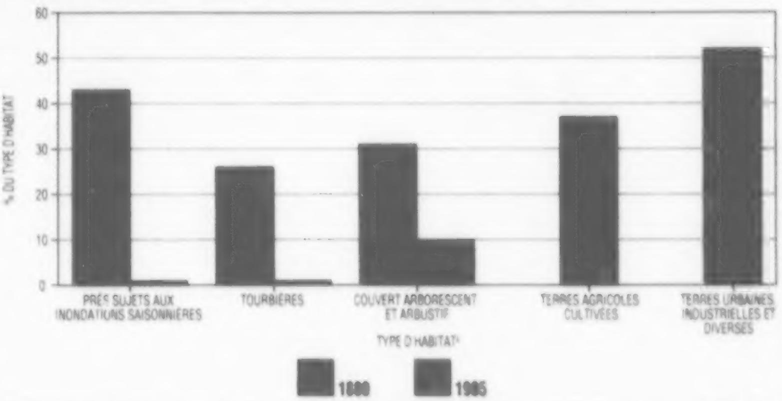
En amont du delta du Fraser, d'autres milieux humides ont été perdus au profit des projets d'endiguement et de drainage. À l'ancien lac Sumas (près d'Abbotsford), 11 700 ha ont été asséchés au cours des années 1920 et de grandes zones de milieux humides ont été perdues à Pitt Polder (zone endiguée sur la rive est de la rivière Pitt) et au lac Cheam (près de Chilliwack), ainsi qu'en bordure d'importants tronçons du Fraser.

La perte d'habitats a eu des répercussions importantes sur la faune. Parmi les espèces d'oiseaux qui nichaient auparavant dans le bassin du Fraser mais que l'on ne voit plus de nos jours, on compte le coulicou à bec jaune, l'hirondelle noire, le merle-bleu de l'Ouest, l'alouette cornue et la chouette des terriers. D'autres espèces comme l'effraie des clochers, la grue du Canada et le carouge à tête jaune nichent en très petit nombre dans la région du delta mais se font de plus en plus rares en raison de la perte d'habitats (Butler et Campbell, 1987). Les espèces de sauvagine qui ont toujours migré par le delta en grand nombre — par exemple, l'oie rieuse, la bernache cravant et certaines bernaches du Canada — se rencontrent maintenant en nombre beaucoup plus réduit (Leach, 1982). Même sur les hautes terres les plus éloignées, les pratiques d'aménagement forestier faisant appel à une courte rotation menacent des espèces comme la chouette tachetée, qui ont besoin de vieilles forêts pour nicher.

Les mammifères du bassin ont également été touchés par les établissements humains et l'utilisation des terres. Les premiers colons ont fait disparaître le wapiti Roosevelt de la région. Les grands carnivores comme le loup, le couguar et l'ours noir sont maintenant confinés presque uniquement dans les forêts éloignées. Plusieurs espèces de petits mammifères caractéristiques des basses terres de Puget, dans l'État de Washington, se rencontrent au Canada uniquement dans la vallée du Fraser où ils sont limités à de petites parties résiduelles de leur ancien habitat.

FIGURE 16.6

Proportion approximative des terres dans le delta du Fraser occupées par divers types d'habitat[a] en 1880 et 1985



[a] Comprend uniquement les terres situées au dessus du niveau moyen des hautes eaux

Source : Butler et Campbell, 1987

D'autres espèces plus opportunistes qui prolifèrent en milieu agricole ou urbain se sont accrues avec l'expansion des établissements humains. Les exemples évidents d'espèces importées comprennent l'étourneau sansonnet, le moineau domestique et le faisan de chasse, et les espèces indigènes comprennent le carouge à épaulettes, le merle d'Amérique et le vacher à tête brune. Ce dernier, fidèle à son nom, est attiré par les bovins et est devenu très répandu dans la plaine d'inondation et le delta depuis l'implantation d'une industrie laitière extensive.

Les utilisations de la faune sans prélèvement d'espèces

Les activités touristiques et récréatives axées sur la nature connaissent un essor rapide et pourraient constituer des utilisations de l'environnement sans prélèvement d'espèces. Des enquêtes récentes révèlent le fort potentiel d'expansion du tourisme lié à la faune en Colombie-Britannique. On a relevé, en tout, 51 sites d'observation de la faune, dont cinq sont situés dans le bassin inférieur du Fraser (Ethos Consulting et collab., 1988). Dans le delta du Fraser, de 70 000 à 100 000 personnes se rendent chaque année au refuge d'oiseaux George C. Reifel, surtout pour y admirer les grandes volées d'oies des neiges. Des excursions en bateau fournissent à de nombreux visiteurs l'occasion de voir de près les otaries qui viennent à terre, à l'embouchure du fleuve, lors de la montaison annuelle des eulakanes. De telles activités d'observation de la faune offrent de grandes possibilités d'utilisation sans prélèvement d'espèces.

Les pêches

Outre les activités ne comportant aucun prélèvement d'espèces, de nombreuses utilisations des ressources halieutiques et fauniques avec prélèvement peuvent être maintenues si elles sont gérées avec un sens aigu de la protection de l'environnement. Le maintien des pêches dans le bassin inférieur du Fraser représente un défi formidable. Le saumon, la truite ainsi qu'au moins six espèces de non-salmonidés d'importance commerciale et cinq espèces de crustacés vivent

TABLEAU 16.2

Prises moyennes (en milliers de poissons) de cinq espèces de saumons provenant de la pêche commerciale, de la pêche sportive et de la pêche de subsistance des autochtones, et échappées (poissons non pêchés qui retournent aux frayères), 1981–1986

	Chinook	Coho	Nerka	Rose[a]	Kéta	Total
Pêche commerciale						
Canada	163,2	338,1	5 766,8	5 538,5	241,9	12 048,5
États-Unis	0	0	1 989,8	1 578,8	45,0	3 613,6
Sous-total	163,2	338,1	7 756,6	7 117,3	286,9	15 662,1
Pêche sportive	115,9	97,8	0	0	0	213,7
Pêche de subsistance	19,4	29,8	434,0	81,3	14,5	579,0
Prises totales	**298,5**	**465,7**	**8 190,6**	**7 198,6**	**301,4**	**16 454,8**
Échappées[b]	106,4	58,2	1 902,6	5 139,5	511,0	7 717,7
Total (prises et échappées)	**404,9**	**523,9**	**10 093,2**	**12 338,1**	**812,4**	**24 172,5**

[a] Les statistiques sur la montaison du saumon rose sont fondées sur les montaisons des années impaires. [b] Nombre moyen d'échappées entre 1981 et 1985.

Sources : Farwell et collab., 1987; B. Masse, Pêches et Océans Canada, communication personnelle.

dans le bassin. Ils forment la base de trois types de pêche d'importance économique : la pêche commerciale, la pêche sportive et la pêche de subsistance des autochtones. Les salmonidés sont les espèces dominantes dans les trois cas.

Entre 1981 et 1986, les prises commerciales annuelles moyennes de saumons du Fraser s'élevaient à 15,6 millions de poissons (tableau 16.2). De manière générale, les prises annuelles moyennes ont augmenté en raison du plus grand nombre de prises de saumons roses et de saumons nerkas. Les prises commerciales de saumons cohos, kétas et chinooks ont diminué. En 1987, la pêche commerciale dans le Fraser a atteint une valeur de gros totale de plus de 270 millions de dollars, dont environ le tiers provenait des stocks du bassin inférieur du Fraser (Pêches et Océans Canada, 1989). La pêche sportive prélève beaucoup moins de poissons que la pêche commerciale. De 1981 à 1986, le nombre annuel de saumons pris à la ligne s'élevait en moyenne à 213 700, soit moins de 2 % du nombre de prises de la pêche commerciale (tableau 16.2).

Approximativement 85 % de la pêche à la ligne a lieu en eau douce, où le nombre présumé de prises maximales admissibles est beaucoup moins élevé qu'en eau salée (tableau 16.3). En 1984, le plan de gestion des pêches de la région de Lower Mainland élaboré par le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique prévoyait que les activités de pêche à la ligne dans les lacs, les rivières et les ruisseaux dulcicoles doubleraient entre 1980 et 1990. Selon les prévisions, si une telle augmentation se produisait, les prises seraient supérieures à la récolte maximale admissible d'espèces de salmonidés en eau douce[2].

Les autochtones pêchent le saumon, la truite arc-en-ciel, l'eulakane et l'esturgeon dans le cours inférieur du Fraser depuis des milliers d'années. La pêche joue un rôle essentiel dans leur culture et leur économie. Depuis 1888, ils sont spécialement autorisés à prendre certaines quantités de saumons pour se nourrir et pour certaines cérémonies. Le nombre des prises de ce genre a fortement augmenté depuis quelques années. Pendant les années 1950, la moyenne annuelle des prises s'établissait à 116 737; toutefois, entre 1981 et 1986, cette moyenne a augmenté à 579 000.

L'importance du saumon dans la culture autochtone, jumelée à une plus grande pression sur les stocks, fait de la question de la répartition des prises le point central des revendications des autochtones sur les terres et la mer. La pérennité de cette ressource dépendra essentiellement de la mesure dans laquelle nous réussirons à conserver un équilibre adéquat entre les exigences liées aux trois types de pêche et l'impératif de conserver des populations viables de saumon.

Le maintien des habitats du poisson et de la faune

Mis à part les parcs et les aires récréatives, 15 994 ha de terres dans le bassin inférieur du Fraser — des basses terres pour la plupart — font l'objet d'une certaine protection dans les zones de conservation de la faune (tableau 16.4). Compte tenu des pressions exercées sur les terres et les ressources hydriques par l'exploitation forestière, l'agriculture et l'urbanisation, le fait que moins de 1 % de la région soit spécifiquement réservé et protégé pour la faune et la conservation des écosystèmes soulève de sérieux doutes quant à la pérennité à long terme de ces ressources.

Cette situation est particulièrement préoccupante pour les basses terres de la vallée du Fraser. En effet, on y trouve les habitats les plus distinctifs et les plus productifs, mais la plupart des terres sont de propriété privée et les activités d'aménagement et d'agriculture empiè-

2 Les projections du nombre de prises sont fondées sur les critères du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique touchant les taux de réussite acceptables de la pêche à la ligne; ces critères minimums varient selon l'espèce et le type d'habitat, mais sont généralement de 0,2 poisson par jour de pêche à la ligne dans les rivières et les ruisseaux et de 1,0 poisson par jour de pêche à la ligne dans les lacs.

TABLEAU 16.3

Pêche sportive en eau douce : prises, effort, production estimative et projections pour le bassin inférieur du Fraser[a]

Type d'habitat	Quantité	Production estimative (1980)	Prises (1980)	Jours de pêche (1980)	Récolte maximale[b]	Prises projetées[c] (1990)	Jours de pêche projetés[c] (1990)
Grands lacs	11	122 500	22 000	31 000	44 000	36 150–99 200	50 000
Petits lacs							
– faible altitude	185	606 800	249 000	259 000	300 000	393 800–841 050	422 000
– altitude élevée	667	93 700	18 000	18 000	29 000	28 650–57 300	28 000
Rivières et ruisseaux	847 km	250 300	34 000	241 200	91 000[d]	43 545–61 700	440 000
Total		**1 073 300**	**323 000**	**549 200**	**464 000**	**502 145–1 059 250**	**940 000**

[a] Les données portent sur les unités de planification de Fraser-Delta, Pitt, Lillooet et Skagit et incluent également des régions situées au-delà des limites du bassin.

[b] La récolte maximale s'entend du nombre de poissons pouvant être pris continuellement dans les conditions existantes, de façon que le même niveau de production soit maintenu dans l'avenir.

[c] Le nombre projeté des prises et des jours de pêche se rapporte aux projections établies en 1984 pour 1990.

[d] Les non-salmonidés d'eau douce représentent 72 000 (80%) de la récolte maximale estimative dans les rivières et les ruisseaux.

Source : Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1985a.

tent rapidement sur les habitats naturels qui restent. Sur les neuf réserves écologiques situées dans le bassin, seulement trois englobent des habitats des basses terres de la vallée du Fraser (ministère des Parcs de la Colombie-Britannique, 1990). Ces réserves sont petites et facilement perturbées en raison de l'utilisation des terres environnantes. Bien qu'une grande partie du bassin soit constituée de parcs et de zones à vocation récréative et que l'on y trouve des animaux sauvages, de tels endroits n'existent à peu près pas sur les basses terres.

Bon nombre de stocks de poissons ont diminué et les effectifs de maintes populations d'oiseaux ont baissé jusqu'à des niveaux jamais atteints auparavant. Au moins six espèces de vertébrés sont disparues au Canada et le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada a ajouté deux vertébrés à la liste des espèces en danger de disparition.

On peut lire dans Butler et Campbell (1987) que la perte d'habitats constitue la plus grande menace pour les oiseaux du delta du Fraser. Dans les régions des basses terres et du delta, les pressions exercées par l'expansion urbaine et agricole réduisent constamment ce qu'il reste des habitats que l'on trouve en bordure des rives, dans les prés et en milieu humide. Sur les hautes terres, on prévoit abattre de nombreux peuplements âgés qui fournissent un pâturage d'hiver aux ongulés et un habitat essentiel aux oiseaux nichant dans les cavités.

La perte physique d'habitats constitue un problème majeur qui n'est pas nécessairement plus grave que la dégradation de leur qualité. De nombreuses espèces d'oiseaux qui occupent une niche au sommet ou près du sommet de la chaîne alimentaire sont des indicateurs sensibles de l'état de santé de l'écosystème. Dans le bassin inférieur du Fraser, le grand héron est l'une des nombreuses espèces que l'on surveille régulièrement pour évaluer les concentrations de plusieurs substances toxiques dans l'environnement. Des analyses effectuées sur des œufs de grands hérons d'une colonie situés sur les terres appartenant à l'Université de la Colombie-Britannique ont révélé que, de 1983 à 1989, il s'est produit une augmentation constante des concentrations de 2,3,7,8-TCDD, une forme de dioxine extrêmement toxique. Des études effectuées entre 1977 et 1987 à la même colonie ont fait état d'une diminution constante des concentrations de BPC et de DDE, ce dernier pouvant se former au début du processus de dégradation du DDT (Whitehead, 1989; Whitehead et collab., 1989). Ailleurs dans la région, on a pu relier, au cours des dernière années, au moins huit mortalités massives

TABLEAU 16.4

Aires de conservation de la faune dans le bassin inférieur du Fraser

Type	Superficie (ha)
Refuges d'oiseaux migrateurs et réserves fauniques du gouvernement fédéral	737
Réserves écologiques du gouvernement provincial	616
Aires d'aménagement de la faune	3 833
« Réserves cartographiques » provinciales et « points d'intérêt »[a]	10 808
Total	**15 994**

[a] Les termes « réserves cartographiques » et « points d'intérêt » sont des désignations administratives qui, dans le cas présent, s'appliquent à la mise en réserve des terres provinciales ou aux terres qui intéressent la Direction de la faune de la province. On tient compte de cet intérêt lors de l'examen des demandes touchant d'autres utilisations de ces terres.

Sources : D. Trethewey, Environnement Canada, communication personnelle; Nature Trust of British Columbia, 1988; ministère des Parcs de la Colombie-Britannique, 1990; L. Foubister, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, communication personnelle.

d'oiseaux à l'application de pesticides agricoles (Butler et Campbell, 1987). (Le chapitre 21 traite des produits chimiques toxiques, dont ceux mentionnés ci-dessus.)

En milieu aquatique, les stocks de poissons doivent soutenir la pression combinée de la dégradation de l'habitat et de la diminution de la qualité de l'eau d'une part, et d'une exploitation accrue d'autre part. Les populations de truites anadromes, particulièrement la truite arc-en-ciel, ont augmenté grâce à l'imposition de règlements stricts sur les prises et à des programmes de mise en valeur des écloseries. Toutefois, on s'attend que le nombre des truites qui dépendent des petits ruisseaux pour leur survie (la truite fardée, p. ex.) diminue en raison de la perte et de la pollution de l'habitat. Le Dolly Varden et l'esturgeon sont également considérés en danger à cause d'une surpêche et de la perte de leur habitat; on ne s'attend pas que les écloseries et les autres techniques de mise en valeur permettent d'accroître de beaucoup leur nombre à l'avenir.

Aux exigences conflictuelles de la pêche commerciale, de la pêche sportive et de la pêche de subsistance des autochtones dans la région s'ajoute la pression de la pêche hauturière au filet dérivant dans les eaux internationales.

On peut également s'attendre que les problèmes externes comme le réchauffement global, les dépôts acides et la réduction ou l'irrégularité de l'écoulement viennent multiplier les contraintes subies par les populations de poissons.

Les efforts visant l'augmentation des populations de poissons (p. ex., le programme de mise en valeur des salmonidés) et la protection des habitats par le biais d'une politique prévoyant « aucune perte nette » se poursuivent. Néanmoins, les exigences et les pressions croissantes sur les ressources halieutiques font naître de sérieuses préoccupations au sujet de la pérennité des pêches.

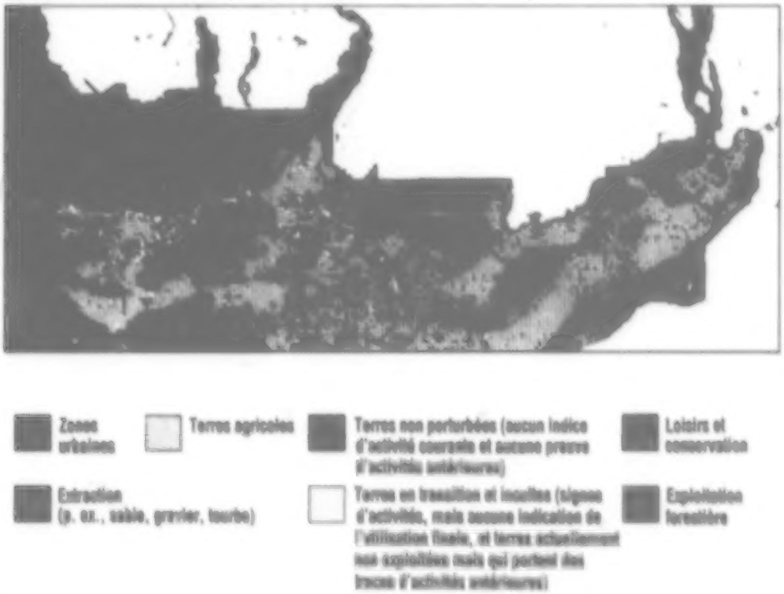
Les facteurs influant sur l'utilisation des terres

La diversité des caractéristiques naturelles, jumelée à la croissance et à l'urbanisation rapides de la population, a donné lieu à des utilisations vastes et complexes des terres (figure 16.7). Il n'est pas surprenant de constater que plusieurs questions pressantes touchant les terres et leur utilisation dans le bassin inférieur du Fraser aient vu le jour, notamment :

- la protection de zones naturelles en périphérie urbaine à des fins récréatives;
- les conflits entre les utilisations monovalente et polyvalente des forêts;
- les impacts environnementaux des pratiques de l'industrie forestière;
- l'empiétement urbain sur les terres agricoles;
- l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des sols;
- les problèmes liés à l'élimination des déchets solides;
- les installations d'élimination inadéquates pour les déchets dangereux.

FIGURE 16.7

Modèles généraux de l'utilisation des terres dans la vallée inférieure du Fraser, 1986–1987



Source : Moore, 1990.

Les parcs et les aires récréatives

Les écosystèmes naturels du bassin inférieur du Fraser offrent à la population l'occasion de se livrer à des activités comme la randonnée pédestre, l'observation de la flore et de la faune, la navigation de plaisance, la chasse, la pêche et de nombreux autres loisirs de plein air actifs ou passifs. L'afflux constant de nouveaux résidants dans la région entraîne toutefois une augmentation de la demande de ressources récréatives. Le fait que, de 1976 à 1988, la superficie réservée aux parcs dans le district de la région métropolitaine de Vancouver a été accrue de 88 % (Watmough, 1987) témoigne bien de cette hausse de la demande.

À l'heure actuelle, l'ensemble des parcs et des aires récréatives (à l'exclusion des réserves de conservation de la nature) couvre 131 351 ha, soit 7,7 % du bassin. Ces grandes zones ont enregistré 8,7 millions de visiteurs–jours en 1988 (tableau 16.5). On peut avoir une bonne idée de la hausse de la demande pour les parcs d'après les statistiques sur le nombre de visiteurs dans les parcs Deas Island et Derby Reach, dont la fréquentation annuelle a presque quintuplé, passant de 80 000 visiteurs en 1984 à 352 000 en 1987 (Kennett et McPhee, 1988).

Outre les parcs, nombre d'aires non désignées sont également utilisées pour des activités récréatives. Les digues et les chaussées assurent aux pêcheurs à la ligne, aux observateurs d'oiseaux et à beaucoup d'autres fervents de la nature l'accès au Fraser. La ville de Richmond cherche actuellement à aménager une piste sur le périmètre des digues autour des îles Lulu et Sea dans le but de d'offrir au public un meilleur accès au bord de l'eau (Kennett et McPhee, 1988).

Les activités d'observation de la flore et de la faune, des oiseaux en particulier, gagnent rapidement en popularité, tant auprès des résidants que des touristes. L'écosystème de la baie Boundary, notamment, constitue une zone d'hivernage et une halte de repos d'importance internationale sur la voie migratoire du Pacifique. On peut y observer plus de 200 espèces d'oiseaux régulièrement et 90 autres espèces à l'occasion. La pêche sportive représente un autre passe-temps populaire. Les pêcheurs à la ligne ont consacré quelque 550 000 jours à la pratique de leur sport dans les lacs, les rivières et les ruisseaux dulcicoles du bassin inférieur du Fraser en 1980 (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1985*a*). L'avenir de ces deux activités est étroitement lié à la protection de la qualité de l'eau et des habitats du poisson et de la faune.

TABLEAU 16.6

Type et nombre de parcs et d'autres aires récréatives dans le bassin inférieur du Fraser et nombre de visites (exprimé en nombre de jours–visiteurs), 1988

Type	Nombre	Superficie (ha)	N^bre de visites
Parc fédéral	1	8	83 758
Parcs provinciaux	16	114 364	5 433 995
Aires forestières récréatives	3	2 712	AD
Terrains forestiers récréatifs	50	ND	38 000[1]
Parcs régionaux	20	9 137	2 813 791
Aires récréatives de la B.C. Hydro	4	420	397 369
Grands parcs municipaux	AD	4 710[2]	AD
Totaux		**131 351**	**8 766 913**

AD = aucune donnée; ND = non disponible

[1] Désigne les « occasions satisfaisantes de journées d'utilisation ».

[2] Comprend uniquement les grands parcs municipaux; ne comprend pas les données sur le district régional de Fraser-Cheam.

Sources : District de la région de Dewdney-Alouette, 1983; ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, 1985; District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988; ministère des Parcs de la Colombie-Britannique, 1988.

La foresterie

À l'exclusion des parcs, la moitié du bassin inférieur du Fraser est désignée comme terrains forestiers publics, et la foresterie a joué pendant longtemps un rôle économique important dans l'histoire de la région. Les facteurs déterminants de la pérennité des ressources forestières comprennent la disponibilité des terres et leur potentiel de production de bois d'œuvre, le taux d'exploitation, les pertes imputables à des causes naturelles et le niveau d'activité d'aménagement, notamment la mesure dans laquelle les gestionnaires considèrent l'écosystème forestier dans sa totalité.

Le bassin inférieur du Fraser comprend non seulement 11 680 km² de forêts faisant partie de la Région d'approvisionnement en bois (RAB) du Fraser, mais aussi le district de la région métropolitaine de Vancouver (580 km²), la licence de propriété forestière de production du district de Mission (89 km²), la forêt de recherche de l'Université de la Colombie-Britannique (51 km²) et la licence de propriété forestière de production de la Scott Paper (36 km²). Sur les 5 193 km² de forêts productives de la partie du bassin constituée de terrains forestiers publics (RAB), 2,3 % (120 km²) sont classées comme étant situées sur de bons sites de croissance, 38,7 % (2 011 km²), sur des sites de croissance de qualité moyenne, et 59 % (3 062 km²), sur des terrains forestiers pauvres ou très pauvres (ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, 1985).

La récolte de bois est établie en fonction de l'estimation du rendement soutenu maximal de la forêt. La possibilité annuelle de coupe de 1,9 million de mètres cubes s'applique à tous les terrains forestiers publics et elle est évaluée à 260 millions de dollars, dont 230 proviennent de la RAB du Fraser. Dans le cas des terrains forestiers publics de la RAB, la possibilité annuelle de coupe est de 1,7 million de mètres cubes (Jacques, 1988).

D'après le volume et l'âge du bois existant, des projections ont été faites en vue d'un cycle de coupe de 200 ans. En théorie, cela signifie un rendement constant de 1,7 million de mètres cubes au cours des 40 prochaines années. Par la suite, il serait nécessaire de réduire la récolte annuelle d'à peu près 18 % entre la 50^e et la 80^e année, pour ensuite reprendre le niveau actuel pour le reste du cycle (ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, 1985).

Même en théorie, si l'on fait abstraction des courants actuels dans la perception du public face à la production de bois par rapport à d'autres valeurs forestières, cette projection suppose, bien entendu, que plusieurs variables déterminantes (p. ex., les terres disponibles, le niveau de productivité, la demande pour le produit) demeureront constantes pendant deux siècles, et c'est là un scénario fort improbable. Au cours des dernières années, la récolte annuelle a régulièrement dépassé la possibilité annuelle de coupe. Toutefois, l'excédent de coupe pondéré sur des périodes quinquennales d'aménagement n'a pas dépassé de 10 % la possibilité annuelle de coupe, conformément aux exigences de la loi.

En plus d'être exploitées, les ressources forestières sont ravagées par les incendies, les insectes et la maladie. Entre 1986 et 1988 (avec une fréquence

exceptionnellement élevée d'incendies en 1986), plus de 60 000 m³ de bois ont brûlé, ce qui dépasse de beaucoup les prévisions de 5 000 m³ pour les pertes annuelles dues aux incendies. Chaque année, 100 000 m³ de bois sont ravagés par les insectes ou la maladie.

L'objectif de la pérennité des approvisionnements en bois se fonde essentiellement sur le renouvellement des forêts par la sylviculture, c'est-à-dire la plantation et l'aménagement d'arbres en vue du remplacement de ceux qui ont été coupés et de l'accroissement de la production de bois d'une zone donnée de la forêt. Entre 1986 et 1988, on a procédé à des activités de plantation de renouvellement du peuplement sur 6 837 ha et à des activités de plantation d'enrichissement du peuplement sur 1 217 ha de terres dans la RAB du Fraser (tableau 16.6).

Les valeurs des terres forestières ne se limitent toutefois pas au rendement économique du bois récolté, et l'on exige de plus en plus que la pérennité de ces valeurs soit assurée. Le tourisme et les activités récréatives, la conservation des habitats du poisson et de la faune, la préservation des vieilles forêts et la protection de l'approvisionnement en eau sont autant d'activités à prendre en compte. Dans de nombreux cas, elles vont à l'encontre de l'objectif traditionnel de l'industrie forestière qui consiste à maximiser le rendement du bois d'œuvre. Il faudra évaluer ces priorités concurrentielles en tenant compte des projections touchant les récoltes afin d'assurer la véritable pérennité des ressources forestières.

L'agriculture

Grâce à son climat favorable et à ses sols fertiles, le bassin inférieur du Fraser est l'une des régions agricoles les plus productives du Canada. La qualité moyenne des terres agricoles est nettement supérieure à celle des terres de l'ensemble de la Colombie-Britannique. Les terres à potentiel agricole élevé (classes 1 à 3 selon l'Inventaire des terres du Canada) représentent 40,5 % des Réserves de terres agricoles (RTA) du bassin inférieur du Fraser, contre seulement 22,7 % de toutes les RTA de la province (ministère de l'Agriculture et des Pêches de la Colombie-Britannique, 1988). À l'heure actuelle, quelque 5 600 fermes occupant environ 890 km² de terres produisent 50 % des revenus bruts tirés de l'exploitation agricole dans la province (Statistique Canada, 1987). La valeur annuelle de cette production est d'environ 588 millions de dollars, sans compter les retombées de la transformation et de la commercialisation. Cela correspond à un rendement moyen de 6 600 $/ha, ce qui est plus de 14 fois la moyenne nationale.

Par ailleurs, une croissance urbaine rapide a exercé d'énormes pressions sur ces terres agricoles précieuses. Le rythme de la conversion des terres agricoles à d'autres fins a ralenti en 1973, avec la création des RTA qui, dans le bassin inférieur du Fraser, couvrait à l'origine une superficie d'environ 148 000 ha, soit 8 % de la région. Cette superficie a ensuite été réduite à 140 000 ha, ce qui représente une diminution annuelle moyenne de 500 ha (B.C. Agricultural Land Commission, 1989).

Plus de 60 % des RTA sont actuellement cultivées. L'agriculture s'est intensifiée au cours des dix dernières années, avec des augmentations marquées au chapitre des cultures spéciales à valeur élevée, comme les petits fruits, les champignons et la serriculture (Runka, 1990).

En plus de subir les effets de la réaffectation des terres, l'agriculture fait l'objet de pressions de plus en plus grandes en vue d'autres utilisations comme l'aménagement à des fins récréatives et le lotissement de banlieues. Certaines pratiques agricoles comme l'épandage de fumier et l'utilisation de pesticides peuvent créer des frictions entre les agriculteurs et leurs voisins qui ne sont pas du milieu agricole.

La pérennité de l'agriculture dépend du maintien de la qualité et de la productivité du sol. Une production intensive, une fertilisation importante et des pratiques de conservation limitées ont contribué à une dégradation généralisée de la qualité du sol dans la vallée du cours inférieur du Fraser (Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984). Les problèmes comprennent l'érosion des champs exposés aux pluies d'hiver, le compac-

TABLEAU 16.6

Activités sylvicoles dans la Région d'approvisionnement en bois du Fraser, 1986–1988

Activité	Cible (ha)	Réalisations (ha)
Renouvellement du peuplement :		
Plantation	5 912	6 837
Préparation du terrain	1 131	302
Débroussaillage et désherbage	2 176	1 812
Relevés	10 977	15 546
Sous-total	20 196	24 497
Amélioration du peuplement :		
Plantation	1 420	1 217
Conversion[a]	589	406
Fertilisation	4 650	2 199
Coupe d'éclaircie précommerciale	4 018	1 648
Sous-total	10 677	5 470
Total	**30 873**	**29 967**

[a] Remplacement d'essences indésirables par des essences à valeur commerciale.

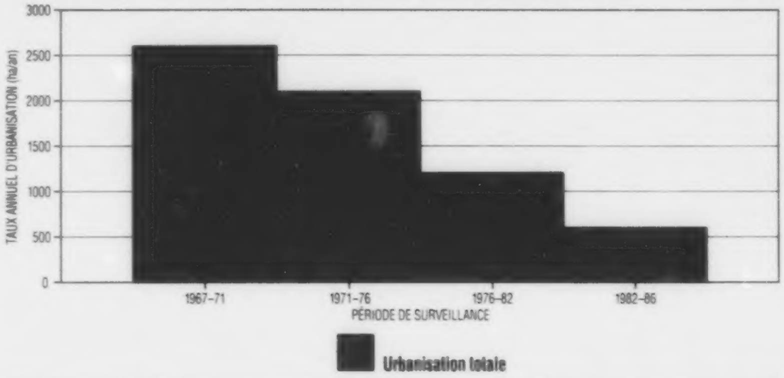
Source : Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, 1989.

tage des sols qui ont été cultivés lorsqu'ils étaient mouillés, de même que l'affaissement des sols organiques.

L'emploi excessif d'engrais azotés a aussi contribué à rendre le sol plus acide. Dans certains cas, l'épandage de déchets d'animaux de fermes laitières et de fermes d'élevage du bœuf, du porc et de la volaille a dépassé les capacités d'absorption du sol, ce qui a entraîné une dégradation des cours d'eau et des eaux souterraines (Hutton, 1987). Pour bien comprendre les problèmes de dégradation du sol et prendre des mesures correctrices efficaces à cet égard, les organismes gouvernementaux ont mené des études portant sur les sols des hautes terres de Matsqui et Langley très sensibles à l'érosion. De plus, le gouvernement et l'industrie collaborent à la préparation d'un code de pratiques en vue de réduire les apports de substances nutritives résultant de l'agriculture intensive.

FIGURE 16.8

Taux d'urbanisation des terres rurales dans la région métropolitaine de Vancouver, sur quatre périodes allant de 1967 à 1986



Source : Redpath, 1982; Environnement Canada, 1985; Moore, 1990.

Le développement urbain et la croissance démographique

Il est ironique de constater que les mêmes qualités qui ont attiré la population dans le bassin inférieur du Fraser, à savoir les vastes espaces, la beauté de la nature, l'accès aux terres et à la mer pour les activités récréatives, deviennent de plus en plus menacées par la croissance démographique. Selon l'Annuaire du Canada de 1990 (Statistique Canada, 1989), la population de la région métropolitaine de recensement de Vancouver est passée d'à peu près 1 million en 1971 à un peu plus de 1,4 million en 1987. Pour 1990, on a estimé la population du bassin à 1 711 915 personnes, soit une augmentation moyenne de 2,4 % par année depuis 1976 (ministère des Finances et des Relations avec les entreprises de la Colombie-Britannique, 1990). D'ici 2011, on prévoit que la population atteindra 2,27 millions de personnes (ministère des Finances et des Relations avec les entreprises de la Colombie-Britannique, 1989), dont 84 % seront originaires d'autres régions du Canada ou d'autres pays (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*g*). Le nombre des ménages dans la région métropolitaine de Vancouver est passé de plus 400 000 en 1976 à près de 550 000 aujourd'hui; on s'attend qu'il atteigne 836 000 d'ici 2011 (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1989*a*).

La physiographie de la région impose certaines contraintes à l'aménagement urbain. Moins de la moitié de la région peut être habitée, le reste étant trop accidenté. Par conséquent, la plupart des pressions engendrées par la croissance présente et future visent les terres fertiles et relativement planes situées au sud du Fraser. Selon le Programme de surveillance de l'utilisation des terres du Canada, qui faisait état des changements dans l'utilisation des terres pour la région métropolitaine de Vancouver et certaines parties de la vallée du Fraser entre 1967 et 1986, le taux annuel d'urbanisation des terres rurales est passé de 26 km^2 entre 1967 et 1971 à 6 km^2 entre 1982 et 1986 (Redpath, 1982; Environnement Canada, 1985; Moore, 1990). La figure 16.8 illustre les taux d'urbanisation des terres rurales dans la région métropolitaine de Vancouver sur quatre périodes allant de 1967 à 1986.

Toutefois, une croissance démographique constante et les pressions permanentes de l'aménagement urbain ont fait naître de sérieuses questions dans la région au sujet de la capacité de croissance à long terme, de la forme et de l'intensité du développement urbain ainsi que de l'impact sur la qualité de l'environnement et les autres utilisateurs des ressources. Les pressions en vue de l'aménagement des terres agricoles, des milieux humides, des zones d'estran et des terrains forestiers productifs continuent d'augmenter et le conflit entre la croissance urbaine et « l'environnement » est déjà évident dans nombre de débats sur l'utilisation des terres.

Par contre, il semble exister beaucoup de possibilités de croissance urbaine sans que l'on ait à empiéter sur les terres agricoles de la région. Par exemple, selon une étude effectuée en 1990 par la B.C. Agricultural Land Commission (tableau 16.7), de 22 000 à 40 000 ha de terres en dehors des RTA se prêtaient à l'aménagement urbain, y compris environ 18 000 ha dans les zones rurales (B.C. Agricultural Land Commission, 1990).

Devant cette contradiction évidente, certaines administrations locales encouragent le réaménagement des terres urbaines de manière à en augmenter la densité démographique et examinent le pour et le contre d'une croissance dirigée. Les efforts déployés en vue de la détermination d'une structure et d'une

TABLEAU 16.7

Terres du bassin inférieur du Fraser situées à l'ouest du pont Rosedale (près de Chilliwack), en dehors des Réserves de terres agricoles et susceptibles d'être urbanisées

District régional	Superficie (ha)	Pourcentage
Région métropolitaine de Vancouver	12 231	54.6
Dewdney-Alouette	3 630	16.2
Centre de la vallée du Fraser	2 397	10.7
Fraser-Cheam	4 131	18.5
Total[a]	**22 389**	**100.0**

[a] Dans la plupart des cas, le total ne comprend pas ce qui suit :

- le réaménagement des zones existantes;
- le potentiel d'aménagement et le remplissage à l'intérieur de zones urbaines déjà désignées;
- la superficie considérable des terres rurales désignées dans la mise à jour du plan régional officiel et dans les plans officiels des collectivités;
- les terres situées à l'est du pont Rosedale jusqu'à Hope, y compris la ville de Hope.

Source : B.C. Agricultural Land Commission, 1990.

densité démographique appropriées pour une région « habitable » ont fait l'objet d'un processus complexe de planification de la part du district de la région métropolitaine de Vancouver. De toute évidence, les décisions qui seront prises au cours des dix prochaines années auront des répercussions importantes sur l'état de l'environnement dans le bassin inférieur du Fraser.

Les transports

La croissance démographique entraîne des problèmes de circulation et, par conséquent, une demande d'expansion des services de transport. En 1987, les déplacements par voiture personnelle et par transport en commun dans le district de la région métropolitaine de Vancouver s'élevaient à 168 900 et à 37 500, respectivement, pendant les heures de pointe. On prévoit que, en 2001, le nombre des déplacements par automobile pendant les heures de pointe aura augmenté de 31 % et que celui des déplacements par transport en commun se sera accru de 26 % par rapport aux niveaux actuels (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1989*b*).

Vu que le public est de plus en plus conscient de la contribution des combustibles fossiles à la pollution atmosphérique et de l'utilisation des terres pour la construction d'autoroutes et de parcs de stationnement, il est clair que les tendances actuelles ne pourront être maintenues. Les carburants de substitution et les nouveaux modes de transport ainsi que la plus grande utilisation des services de transport en commun permettent d'espérer que la situation s'améliorera, mais il faudra accroître grandement le recours à ces options pour maintenir la qualité de l'environnement.

Des questions semblables émergent également dans d'autres secteurs du transport. Dans le cas du transport aérien, une Commission d'évaluation et d'examen en matière d'environnement a étudié une proposition de longue date prévoyant l'ajout d'une troisième piste d'atterrissage à l'aéroport international de Vancouver. Les activités de transport maritime transocéanique et côtier sont importantes dans le bassin inférieur du Fraser, et plusieurs ports ont été agrandis au cours des 15 dernières années. Les installations du banc Roberts ont été agrandies au début des années 1980, ce qui a entraîné la destruction de larges zones d'habitat intertidal. D'autres travaux d'agrandissement ont été exécutés sur le bras principal du fleuve aux installations de Fraser Surrey et de Fraser Richmond.

La gestion des déchets

Dans une société de consommation prospère, les grandes agglomérations produisent d'énormes quantités de déchets. L'élimination des déchets solides, y compris les déchets spéciaux et dangereux, est devenue une question primordiale dans le bassin inférieur du Fraser.

Les déchets solides

Le système régional actuel de gestion des déchets traite chaque année plus de 1,27 million de tonnes de déchets domestiques et commerciaux (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*h*). Cela représente une augmentation de 11 % de 1982 à 1988, et ne comprend pas 500 000 t par année de débris de défrichage et de démolition, et 400 000 t de déchets ligneux. Il importe de déterminer en priorité l'efficacité du système d'élimination si la production de déchets solides continue d'augmenter au rythme actuel, ou de savoir si, en fait, les pratiques actuelles en matière de traitement des déchets seront acceptables dans l'avenir pour l'environnement.

À l'heure actuelle, 76 % des déchets solides sont éliminés dans sept décharges. De plus, environ 200 000 t de déchets solides sont transportés chaque année par camion sur une distance de 340 km, à une décharge contrôlée située à Cache Creek. De plus, 14 % des déchets sont éliminés dans deux incinérateurs, et 10 % sont recyclés ou récupérés (voir le tableau 16.8). Bon nombre d'anciennes décharges, exploitées ou non, sont situées près du Fraser et laissent échapper des percolats toxiques ainsi que des odeurs nauséabondes.

En 1988, environ 121 000 t de déchets ont été recyclés et le plan d'action de recyclage adopté par le District de la région métropolitaine de Vancouver vise une réduction supplémentaire de 20 % des déchets d'ici le milieu des années 1990 (McLaren Engineers, 1989). Avec l'appui des secteurs public et privé, et grâce au vif intérêt de la part des consommateurs, les marchés des produits recyclés s'élargissent. L'ouverture prévue d'une usine de désencrage, d'ici deux ans, devrait donner lieu à une meilleure offre de papier journal recyclé ainsi qu'à une plus grande demande pour ce produit.

Néanmoins, l'élimination des déchets solides demeurera probablement une question d'importance critique dans la région. Étant donné la durée de vie des décharges et des incinérateurs existants et compte tenu de l'augmentation prévue du nombre de tonnes de déchets solides d'ici l'an 2000, deux choix s'offrent à la région : l'adoption d'un programme intensif et fructueux visant à réduire, à réutiliser ou à recycler jusqu'à 50 % des déchets solides, ou l'aménagement d'une ou de plusieurs installations d'élimination — décharge, incinérateur ou autre — en dépit d'une forte opposition probable de la part du public.

Les déchets spéciaux

À l'extrémité opposée des déchets recyclables de la gamme des déchets se trouvent les déchets spéciaux : des substances qui peuvent être toxiques, infectieuses, chimiquement réactives, corrosives, inflammables, carcinogènes (causant le cancer) ou mutagènes (capables de provoquer des mutations génétiques). Environ 80 % des 74 000 t de déchets de ce type qui, selon les estimations, sont produits chaque année en Colombie-Britannique proviennent du bassin inférieur du Fraser (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1983).

Les déchets spéciaux peuvent provenir de résidences privées, d'hôpitaux, d'exploitations agricoles, de laboratoires, d'usines et d'entreprises commerciales. Compte tenu non seulement de leur composition mais aussi du degré de connaissances et de sensibilisation des utilisateurs, les déchets spéciaux peuvent être éliminés dans des décharges, rejetés dans les égouts, expédiés hors de la province en vue de leur élimination, ou recyclés ou stockés dans des installations d'entreposage spéciales. En 1985, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique a dénombré, dans le bassin inférieur du Fraser, 385 compagnies qui avaient des déchets spéciaux à éliminer, et 26 sites d'intérêt prioritaire dans lesquels des déchets spéciaux nuisaient à l'environnement (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1985*b*).

Installations de traitement des déchets solides

Installation	Déchets (t), 1988	Capacité nominale ou nombre d'années qui restent
Décharges :		
Burns Bog	593 400	40 ans
Port Mann	186 300	8 ans
Coquitlam[a]	79 550	AD
Minnies Pit	13 000	8–20 ans
Chilliwack	28 652	10–15 ans
Kent[c]	469	10 ans
Hope	4 500	0 an
Cottonwood[c]	24 486	fermée en 1989
Jackman Pit[c]	4 091	fermée en 1989
Valley[c]	36 888	fermée en 1989
Cache Creek	SO	60 ans à raison de 300 000 t/an
Sous-total	**971 336**	
Incinérateurs :		
Burnaby[d]	171 680	235 000 t/an
Kent[d]	7 830	7 830 t/an
Sous-total	**179 510**	
Récupération :		
Coquitlam	2 500[e]	225 000 t/an
Recyclage	121 340	SO
Total	**1 274 686**	

SO = sans objet; AD = aucune donnée.

[a] Reçoit les cendres de l'incinérateur de Burnaby et des stations de transfert.

[b] Reçoit les cendres de l'incinérateur de Kent.

[c] Fermée en août 1989; les déchets sont réacheminés à la décharge de Cache Creek.

[d] Le tonnage pour 1988 correspond au poids *net* des déchets incinérés.

[e] Le poids comprend les déchets recyclés; les activités ont commencé en 1989.

Sources : District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*h*, 1988*i*.

Les cendres volantes — 8 000 t par année — produites par l'incinérateur de déchets solides de Burnaby sont également classées comme déchets spéciaux. À l'heure actuelle, ces matières sont entreposées dans des cellules isolées de la décharge de Coquitlam. De là, tous les percolats sont acheminés à la station de traitement des eaux usées de l'île Annacis en vue d'être éliminés. Il s'agit là d'une mesure temporaire. Le District de la région métropolitaine de Vancouver prévoit avoir recours à une méthode plus permanente de traitement et d'élimination des déchets.

Le déversement accidentel de matières dangereuses comme l'essence, la soude caustique, le chlore, l'hydroxyde de sodium et une foule d'autres substances potentiellement dangereuses d'usage courant suscite d'autres préoccupations semblables à celles mentionnées ci-dessus. Les principales voies de transport routier ou ferroviaire de ces matières traversent des agglomérations densément peuplées ainsi que des zones vulnérables dans tout le bassin inférieur du Fraser. Un déversement accidentel pourrait causer de graves dommages à l'environnement et menacer sérieusement la santé et la sécurité du public. Entre 1983 et 1986, il y a eu 128 déversements accidentels qui n'ont heureusement pas eu de conséquences graves (Transportation of dangerous goods study, 1988).

Le maintien des ressources en terres

Les remarques qui précèdent sur l'utilisation des terres dans le bassin inférieur du Fraser font ressortir les défis complexes qui se posent aux décideurs chargés de trouver une solution aux problèmes et de répondre à des demandes contradictoires. Des ressources stables en terres sont d'une importance cruciale pour la foresterie, l'agriculture, les activités récréatives et la faune; pourtant, au cours des dernières années, on a urbanisé les terres rurales de la région à un rythme d'environ 600 ha par année.

Depuis quelques années (de 1985 à 1990), la superficie des terres agricoles a diminué à raison de 368 ha par année, une diminution plus lente que pendant les années 1960 et 1970, mais tout de même importante. Aujourd'hui, la définition des ressources forestières s'est élargie au point que la gestion des forêts axée uniquement sur la coupe maximale soutenue n'est plus considérée comme acceptable par une grande partie de la population. À mesure que le bassin s'urbanise, les « espaces verts », y compris les habitats fauniques, les ravins boisés ainsi que les zones caractérisées par un environnement fragile, revêtent tous une importance grandissante pour la population.

Quelles formes d'aménagement urbain, de transport, d'élimination des déchets, de mise en valeur des ressources et de mesures de conservation protégeront le mieux la qualité de l'environnement à long terme dans le bassin inférieur du Fraser? Dans quelle mesure la croissance pourra-t-elle se poursuivre sans détruire les ressources naturelles de la région? Des choix primordiaux s'imposent, des choix qui détermineront si la qualité actuelle de l'environnement dans le bassin inférieur du Fraser peut être maintenue à long terme.

LES DÉFIS LIÉS À UN ENVIRONNEMENT DURABLE

De toute évidence, il faudra relever des défis majeurs pour maintenir la qualité de l'environnement dans le bassin inférieur du Fraser. Le cadre actuel de gestion de l'environnement s'avérera-t-il adéquat pour canaliser de façon positive les pressions exercées par le développement accru et la population sans cesse grandissante tout en renversant les tendances en matière de dégradation de l'environnement? Pour relever ce défi, il nous faut d'abord éliminer plusieurs obstacles.

Les compétences multiples

Plus de 75 organismes locaux, régionaux, provinciaux et fédéraux ont une part de responsabilité dans la gestion des terres et des ressources hydriques ainsi que des activités humaines liées au maintien de la qualité de l'environnement. Chacun de ces organismes possède un mandat particulier qui peut compléter, chevaucher ou même contredire celui des autres. Avec autant d'intervenants, il peut être très difficile d'harmoniser les décisions et d'établir des buts communs en vue de la protection de l'environnement.

L'incertitude des données scientifiques

Les données sur l'état de l'environnement sont souvent inadéquates du fait qu'elles proviennent d'études à court terme ou locales portant sur des questions particulières. À quelques exceptions notables près, comme l'inventaire des émissions atmosphériques effectué dans le district de la région métropolitaine de Vancouver en 1985 (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988*a*), peu d'études ont été conçues pour fournir des renseignements sur les tendances.

L'incertitude entourant les décisions relatives à l'environnement témoigne bien du caractère inadéquat des données. On manque particulièrement de renseignements sur les effets cumulatifs et à long terme des concentrations polluantes sublétales et des pertes accrues d'habitat sur la productivité et la viabilité des différentes espèces de poissons et d'animaux sauvages. Le problème que pose l'incertitude est particulièrement évident dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Malgré toutes les mesures prises dans le fleuve Fraser au cours des dix dernières années, de nombreux scientifiques estiment toujours que les données statistiques existantes ne leur permettent pas d'évaluer avec certitude la qualité globale de l'eau.

La philosophie de gestion

Selon leur mandat et la formation professionnelle de leur personnel, divers organismes peuvent adopter des points de vue diamétralement opposés. Par exemple, un organisme peut axer ses activités sur la coupe efficace du bois tandis qu'un autre, se fondant sur des valeurs différentes, peut se consacrer à la préservation des écosystèmes forestiers. L'un peut gérer une ressource en fonction de l'optimisation du rendement économique, et un autre peut s'intéresser surtout aux valeurs sociales de cette ressource, lesquelles ne se prêtent pas nécessairement à une analyse économique.

Il existe un autre écart entre l'option favorisant la réglementation et l'application des règlements et celle préconisant le traitement et la prévention. La réglementation en matière de lutte contre la pollution vise surtout le volume, la composition et le devenir des polluants dans l'environnement. Elle établit des objectifs de qualité et prévoit des mesures de surveillance afin de s'assurer du respect de ces objectifs. Par contre, la surveillance à la source vise la réduction ou l'élimination des charges polluantes grâce à un prétraitement et au traitement des effluents. Chacune de ces options peut jouer un rôle dans la solution de presque tous les problèmes de pollution; l'opinion publique, toutefois, tend à favoriser la deuxième (c.-à-d. la prévention) comme moyen plus fiable d'assurer la pérennité de l'environnement.

La gestion de la croissance

La croissance démographique, l'urbanisation et les pressions environnementales qui en résultent semblent parfois se produire à un rythme si rapide qu'elles échappent au contrôle des gestionnaires. Le ruissellement urbain et industriel a rendu la baie Boundary ainsi que de nombreux petits cours

d'eau impropres à la pêche et à certaines activités récréatives. Des habitats fauniques d'importance primordiale sont détruits au profit du développement urbain ou rural et de l'extraction des ressources. Le volume accru des émissions de gaz d'échappement annule les efforts déployés pour rétablir la qualité de l'air. De même, la consommation d'eau et la production d'eaux usées augmentent trop vite par rapport à l'amélioration de l'infrastructure. On s'attend que les installations de gestion des déchets solides atteignent leur pleine capacité d'ici le milieu des années 1990, même si l'on recycle un plus grand volume de déchets.

Le changement des valeurs environnementales

Jamais auparavant la population du bassin inférieur du Fraser n'a été aussi consciente de l'état de l'environnement. Les accidents, tels que les marées noires, et les différends entre les adeptes de la conservation et ceux qui favorisent l'extraction des ressources ont sensibilisé les résidants à la fragilité du milieu dans lequel ils vivent. De plus en plus de gens exigent que les décisions et les politiques relatives à l'utilisation des ressources intègrent des considérations environnementales. Cette tendance s'est clairement dégagée dans les discussions animées et les débats tenus dans le cadre d'audiences publiques sur diverses propositions d'aménagement ainsi que dans les résultats des sondages d'opinion publique qui ont révélé que l'état de l'environnement s'inscrivait parmi les préoccupations les plus pressantes.

Les changements dans les valeurs sociales et culturelles liées à l'environnement ont des répercussions majeures pour les gestionnaires des ressources. Étant donné les attentes plus grandes de la population, ces gestionnaires devront adopter des méthodes écosystémiques intégrées dans la répartition et la gestion des ressources. L'évolution des valeurs pourrait promouvoir des changements dans des secteurs comme le traitement des eaux usées, la surveillance de la pollution et l'application des règlements, la prévention des dommages et la conservation de l'habitat.

LES PROGRÈS ACCOMPLIS

Pendant les dix dernières années, les programmes de gestion des ressources dans le bassin inférieur du Fraser ont commencé à refléter la nouvelle importance accordée à la protection de l'environnement. Voici certains exemples :

- *Des organismes participent à des activités conjointes de gestion des ressources en établissant des politiques, des programmes et des mécanismes de planification coordonnés pour protéger la qualité de l'environnement.*

Fait digne de mention, le Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser permet d'administrer des programmes touchant l'examen coordonné des projets, la désignation des zones, la qualité de l'eau, la gestion des déchets, les habitats du poisson et de la faune, les activités récréatives, la gestion du bois de coupe, la navigation et le dragage, l'aménagement portuaire et le développement industriel. On prévoit mettre en œuvre un programme semblable pour l'inlet Burrard. La collaboration entre les organismes est également évidente dans l'élaboration de programmes de surveillance et dans la recherche sur les questions de qualité de l'environnement. Par exemple, Pêches et Océans Canada et le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique ont mis au point un système d'inventaire et d'information sur l'habitat du poisson, qui regroupe et intègre des renseignements d'ordre gestionnel pouvant être utiles pour chaque bassin hydrographique. Le plan d'action pour le bassin du fleuve Fraser, dont fait état le Plan vert du gouvernement fédéral, fournit une excellente occasion de prendre des mesures en vue du développement durable (Gouvernement du Canada, 1990).

- *Les mesures de gestion des ressources franchissent les frontières politiques et favorisent la solution des problèmes au niveau de la région et de l'écosystème.*

Dans un cas, le District de la région métropolitaine de Vancouver a entrepris la mise en œuvre d'un plan de gestion des déchets liquides pour régler le problème à long terme du traitement des déchets municipaux et du ruissellement urbain. Un programme de traitement des déchets solides a été lancé et il se peut que le plan de gestion de l'air déjà existant soit étendu aux secteurs supérieurs de la vallée du Fraser. La stratégie dite « des régions habitables » a été mise à jour pour les années 1990 de façon que des objectifs de planification et de développement urbain soient établis pour la région métropolitaine de Vancouver (District de la région métropolitaine de Vancouver, 1989*c*).

Plus haut dans la vallée, des organismes unissent leurs efforts pour remettre en état le lac Cheam, près de Chilliwack, et créer des aires d'aménagement de la faune abritant des milieux humides importants et d'autres éléments naturels. À l'échelon international, l'acquisition de milieux humides dans le delta du Fraser constitue l'une des priorités du projet conjoint de la côte du Pacifique du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.

- *De plus en plus, des organismes élaborent et mettent en œuvre des politiques et des programmes qui débordent le cadre de leur mandat habituel et accordent plus d'importance aux considérations environnementales et sociales.*

De concert avec Pêches et Océans Canada, la North Fraser Harbour Commission a établi un plan de gestion de l'environnement pour ce secteur. Ce plan comporte un programme innovateur de création de zones d'habitat protégé pour le poisson. De plus, la Société du port de Vancouver a élaboré un plan d'utilisation des ressources marines à des fins récréatives pour la partie est de l'inlet Burrard et le bras Indian. Les programmes de protection de l'environnement de la Direction du transport des marchandises dangereuses de Transport Canada constituent d'autres exemples.

Les administrations locales et provinciales commencent à prendre des mesures de gestion de la croissance. À l'heure actuelle, elles mettent l'accent sur la surveillance des activités de développement et leur orientation vers des zones peu vulnérables et éloignées des terres agricoles de choix. Les municipalités établissent également des politiques précises en vue de protéger l'environnement et de limiter le drainage naturel; elles ont fait l'acquisition de parcs linéaires et d'autres types de parcs où le fleuve et l'estuaire constituent le centre d'intérêt.

- *Des idées innovatrices commencent à ressortir dans certains projets d'aménagement; elles tiennent compte du degré de vulnérabilité de l'environnement et de la nécessité de protéger et de mettre en valeur le milieu naturel comme condition préalable aux aménagements.*

Au cours des dernières années, les promoteurs de projet ont dû respecter une nouvelle exigence : non seulement les aménagements proposés doivent-ils permettre de réduire au minimum les impacts sur l'environnement et les risques pour celui-ci, mais ils doivent également s'intégrer davantage aux éléments naturels du paysage. Dans certains cas, les aménagistes doivent relever la qualité actuelle de l'environnement en remettant en état des sites dégradés ou en augmentant la productivité biophysique naturelle. Par exemple, des plans d'aménagement d'« écobandes » ont été inclus dans certains programmes d'amélioration et d'entretien des digues. La conservation du marais salé de Tsawwassen, le plus vaste du genre dans l'estuaire, a également été rendue possible grâce à l'excellence de la conception technique d'ouvrages de protection contre les inondations. La politique de Pêches et Océans Canada prévoyant « aucune perte nette » a également inspiré divers projets de création et de remise en état de marais visant à contrebalancer les effets des aménagements proposés.

- *L'importance de la participation du public à la prise de décisions est maintenant officiellement reconnue dans la majeure partie des projets de gestion des ressources, et les organisations d'intérêt public font de plus en plus preuve de leadership et d'initiative pour sensibiliser la population à l'environnement et mettre en œuvre des activités de gestion des ressources qui respectent l'environnement.*

Dans le passé, des groupes de travail et des commissions d'examen en matière d'environnement ont été créés et chargés de l'évaluation interorganisme de mégaprojets, y compris l'agrandissement des ports et des aéroports, le dragage et l'endiguement, le doublement des voies ferrées, l'entreposage des combustibles et le transport des marchandises dangereuses. Des programmes de participation du public étaient prévus à divers niveaux. Aujourd'hui, grâce à l'intervention des organismes de conservation de l'environnement, la population est plus sensibilisée et intéressée aux questions touchant l'environnement. Les groupes constamment à l'avant-scène dans le bassin inférieur du Fraser comprennent notamment la West Coast Environmental Law Association, la Society for the Promotion of Environmental Conservation, la Fraser River Coalition, Greenpeace, le Syndicat des pêcheurs et des travailleurs assimilés, le Conseil des loisirs de plein air de la Colombie-Britannique, la B.C. Wildlife Federation et la Federation of B.C. Naturalists.

En outre, des groupes d'intérêt public ont soutenu activement la protection et la conservation de l'environnement. Ainsi, les programmes communautaires de recyclage ont été mis en œuvre grâce aux efforts constants de bénévoles locaux. Canards Illimités Canada, le Nature Trust of B.C. et le Programme de conservation des estuaires du Pacifique ont participé à la protection et à la remise en état des habitats fauniques à divers endroits. Beaucoup de clubs locaux de chasse et de pêche, de concert avec la B.C. Wildlife Federation, contribuent à la mise en œuvre de programmes parrainés par le gouvernement, tel le Programme fédéral de mise en valeur des salmonidés. Des groupes d'écoliers participent aussi activement aux projets de mise en valeur des salmonidés et de marquage des égouts pluviaux ainsi qu'à d'autres projets communautaires.

Depuis quelque temps déjà, des groupes d'intérêt spéciaux jouent un rôle clé dans la sensibilisation à l'environnement et dans la protection de celui-ci; or, jusqu'à tout récemment, le grand public ne partageait pas leurs préoccupations. Toutefois, la situation évolue rapidement à mesure que l'information devient disponible et que l'urgence de nombreuses questions environnementales devient plus évidente.

Le niveau auquel sera finalement maintenue la qualité du bassin inférieur du Fraser dépendra des politiques, des pratiques et des événements futurs. À l'heure actuelle, toutefois, deux facteurs justifient un certain optimisme. L'un est l'énorme capacité d'autorégénération des systèmes naturels, si on leur laisse le temps nécessaire pour se rétablir. L'autre est l'engagement ferme de nombreux résidants de la région de restaurer et de maintenir la qualité de l'environnement, laquelle les a attirés, eux et leurs prédécesseurs, dans le bassin du Fraser.

OUVRAGES CITÉS

B.C. Agricultural Land Commission. 1989. *Agricultural land reserve statistics to January 1, 1989.* Burnaby.

B.C. Agricultural Land Commission. 1990. *Non-farmland with long term urban potential in the lower mainland.* Burnaby.

Birtwell, I.K., C.D. Levings, J.S. Macdonald et I.H. Rogers. 1988. « A review of fish habitat issues in the Fraser River system. » *Water Pollution Research Journal of Canada,* 23(1) : 1–30.

Burnett, J.A., C. Dauphiné, S. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : Les espèces menacées de disparition au Canada.* Éditions Broquet Inc., en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada.

Butler, R.W., et R.W. Campbell. 1987. *The birds of the Fraser River delta: populations, ecology, and international significance.* Publication hors-série n° 65. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Ottawa.

Campbell, R.W., N.K. Dawe, I. McTaggart-Cowan, J.M. Cooper, G.W. Kaiser et M.C.E. McNall. 1990. *The birds of British Columbia, Volumes 1 and 2.* Royal British Columbia Museum, Victoria.

Carr, E. 1946. *Growing pains: the autobiography of Emily Carr.* Clarke Irwin, Toronto.

Comité permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. 1984. *Nos sols dégradés : le Canada compromet son avenir.* Sénat canadien, Ottawa.

Concord Scientific et B.H. Levelton. 1989. *GVRD air management plan: stage 1 report.* District de la région métropolitaine de Vancouver, Burnaby.

Dewdney-Alouette Regional District. 1983. *Official regional park plan.* Mission.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*a*. *1985 lower mainland emission inventory.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*b*. *Ten year trend in GVRD air quality (1977–1987).* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*c*. *Air quality management program.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*d*. *Liquid waste management plan — Stage 1 draft report.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*e*. *Greater Vancouver liquid waste management plan — Stage 1.* Report of the Combined Sewer Overflow and Urban Runoff Committee. Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*f*. *Greater Vancouver liquid waste management plan.* Report of the water quality/water use committee. Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*g*. *Vancouver metropolitan area population forecast, 1986–2001.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*h*. *Brief to the Ministry of Environment task force on solid waste management: summary report — municipal waste flows for 1988.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*i*. *Summary report, municipal waste flows for 1988.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988*j*. *Towards year 2000. Appendix 1: Regional park visitation estimates (1988 final).* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1989*a*. *Greater Vancouver key facts.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1989*b*. *Report of the transportation task force of greater Vancouver.* Burnaby.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1989*c*. *The livable region: a strategy for the 1990s.* Burnaby.

Elliott, J.E., R.W. Butler, R.J. Norstrom et P.E. Whitehead. 1989. « Environmental contaminants and reproductive success of Great Blue Herons, *Ardea herodias* in British Columbia, 1986–87. » *Environmental Pollution*, 59(2) : 91–114.

Environnement Canada. 1985. *Land use change in Canada: Vancouver urban-centred region 1976–1982.* Feuillet d'information nº 85–5. Direction générale des terres, Vancouver.

Environnement Canada. 1988. *Annual report: lead and lead-free gasoline regulations monitoring program.* Regional Program Report 88–04. Environnement Canada, Service de la Protection de l'environnement, West Vancouver.

Environnement Canada et Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Sans date. *The Fraser River flood control program.* Brochure.

Ethos Consulting, Land Sense Ltd. et Youds Planning Consultants. 1988. *Wildlife viewing in British Columbia: the tourism potential.* Tourism British Columbia, Victoria.

Farwell, M.K., N.D. Schubert, K.H. Wilson et C.R. Harrison. 1987. *Salmon escapements to streams entering statistical areas 28 and 29, 1951 to 1985.* Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques nº 601. Pêches et Océans Canada, Direction des pêches, New Westminster.

Fraser River Estuary Study Steering Committee. 1978. *Summary report of the habitat working group.* Gouvernement du Canada et province de la Colombie-Britannique. Victoria.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Halstead, E.C. 1986. *Approvisionnement en eaux souterraines : basses terres du Fraser, Colombie-Britannique.* Institut national de recherches en hydrologie, rapport nº 26, Série scientifique de la DGEI, étude nº 145. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa.

Harding, L., M. Pomeroy, A. Colodey et L.L. Grooms. 1988. *Fraser River estuary marine environmental monitoring results 1984–86.* Regional Program Report PR–87–18. Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, West Vancouver.

Hoos, L. et G.A. Packman. 1974. *The Fraser River estuary: status of environmental knowledge to 1974.* Environnement Canada, Vancouver.

Hutton, K. 1987. *Lower Fraser valley agricultural waste management survey.* Inédit. Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, Surrey.

Jacques, R. 1988. *L'impact de l'activité forestière sur l'économie du Canada et de ses provinces : une approche intersectorielle.* Rapport d'information E–X–39. Service canadien des forêts, Direction de l'économique, Ottawa.

Kennett, K., et M. McPhee. 1988. *The Fraser River estuary: an overview of changing conditions.* Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, New Westminster.

Kistritz, R.V. 1989. *Habitat inventory and classification of the Fraser River Main Arm, Pitt River, Delta foreshore, and Boundary Bay.* Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, New Westminster.

Krahn, P.K., J.A. Shrimpton et R.D. Glue. 1987. *Assessment of storm water related chlorophenol releases from wood protection facilities in British Columbia.* Regional Program Report 87–14. Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, West Vancouver.

Lawson, E.M., G.B. Mitchel et D.G. Walton. 1985. *Stormwater monitoring in an industrial catchment basin located in Burnaby, British Columbia.* Ministère de l'Environnement, Direction de la gestion des déchets, Surrey.

Leach, B. 1982. *Waterfowl on a Pacific estuary.* Special Publication No. 5. British Columbia Provincial Museum, Victoria.

McLaren Engineers. 1989. *Waste reduction and recycling in the GVRD: a blueprint for comprehensive resource management.* District de la région métropolitaine de Vancouver, Burnaby.

Ministère de l'Agriculture et des Pêches de la Colombie-Britannique. 1988. *Annual statistics, 1988.* Victoria.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1980. *Guidelines for watershed management of Crown lands used as community water supplies.* Victoria.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1983. *Special waste update.* Victoria.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1985*a*. *Lower mainland region fisheries management plan, 1984.* Surrey.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1985*b*. *Fraser delta environmental management plan.* Surrey.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1989. *1989 estimate of population living in the Fraser River floodplain.* Direction de la gestion des eaux, région de Lower Mainland, Surrey.

Ministère des Finances et des Relations avec les entreprises de la Colombie-Britannique. 1989. *Population projections for B.C. census divisions, 1988–2011.* Bureau central des statistiques, Victoria.

Ministère des Finances et des Relations avec les entreprises de la Colombie-Britannique. 1990. *Municipal and Regional District population estimates.* Bureau central des statistiques, Victoria.

Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique. 1985. *Fraser Timber Supply Area plan, April 1, 1985 to March 31, 1990.* Victoria.

Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique. 1988. *Biogeoclimatic zones of British Columbia 1988.* Carte à l'échelle du 1:2 000 000. Direction de la recherche, Victoria.

Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique. 1989. *Fraser timber supply area annual reports (combined 1986–88).* Victoria.

Ministère des Parcs de la Colombie-Britannique. 1988. *Parks data handbook, 1987. Summary statistics.* Victoria.

Ministère des Parcs de la Colombie-Britannique. 1990. *Ecological reserves in British Columbia.* Victoria.

Moore, K.E. 1990. *Urbanization in the lower Fraser Valley, 1980 – 1987.* Rapport technique nº 120. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Delta.

Nature Trust of British Columbia. 1988. *Project list 1988.* West Vancouver.

Pêches et Océans Canada. 1988. *Submission to the Sea Island jet fuel barge federal environmental assessment panel.* Vancouver.

Pêches et Océans Canada. 1989. *The Fraser: river of opportunity.* Manuscrit inédit. New Westminster.

Pilon, P., et M.A. Kerr. 1984. *Land use change on wetlands in the Southwestern Fraser Lowland British Columbia.* Document de travail nº 34. Environnement Canada, Direction générale des terres, Programme de surveillance de l'utilisation des terres du Canada, Vancouver.

Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser. 1987*a*. *Status report on water quality in the Fraser River estuary, 1987.* Standing committee on the Fraser River estuary water quality plan, New Westminster.

Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser. 1987*b*. *Environmental emergency activity program.* Document d'analyse. New Westminster.

Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser. 1990. *A recommended waste management activity plan.* Gouvernement du Canada et province de la Colombie-Britannique, Waste Management Activity Program Working Group, New Westminster.

Programme de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser. 1991. *Navigation, dredging and environment in the Fraser River estuary.* Rapport préliminaire. Gouvernement du Canada et province de la Colombie-Britannique. Navigation and Dredging Working Group, New Westminster.

Redpath, K. 1982. *Canada Land Use Monitoring Program total land use change in urban-centred regions: Vancouver 1967–1976.* Environnement Canada, Direction générale des terres, Programme de surveillance de l'utilisation des terres du Canada, Vancouver.

Runka, G.G. 1990. *Choosing our future: Greater Vancouver agricultural overview.* District de la région métropolitaine de Vancouver, Burnaby.

Servizi, J.A. 1989. « Protecting Fraser River salmon (*Oncorhynchus* spp.) from wastewaters: an assessment. » Pages 136–153 dans : Levings, C.D., L.B. Holtby et M.A. Henderson (réd.). *Proceedings of the national workshop on effects of habitat alteration on salmonid stocks.* Publication canadienne spéciale sur les sciences halieutiques et aquatiques nº 105. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1987. *Recensement Canada 1986 : Agriculture — Colombie-Britannique.* Nº de catalogue 96–112. Ottawa.

Statistique Canada. 1989. *Annuaire du Canada 1990.* Ottawa.

Stewart, I., et B. Tassone. 1989. *The Fraser delta: a review of historic sounding charts.* Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Vancouver.

Swain, L.G. 1983. *Stormwater monitoring of a residential catchment area.* Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Direction de la gestion des eaux, Victoria.

Swain, L.G., et G.B. Holms. 1985. *Fraser-Delta area, Fraser River sub-basin from Hope to Kanaka Creek: water quality assessment and objectives.* Ministère de l'Environnement et des Parcs de la Colombie-Britannique, Direction de la gestion des eaux, Victoria.

Swain, L., et D. Walton. 1989. *Report on the 1988 fish monitoring program.* Fraser River Harbour Commission et Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Surrey.

Transportation of dangerous goods study. 1988. *Newsletter No. 3, August 1988.* Transports Canada, ministère des Transports et de la Voirie de la Colombie-Britannique et District de la région métropolitaine de Vancouver, Vancouver.

Ville de Vancouver. 1990. *Clouds of change: final report of the City of Vancouver task force on atmospheric change.* Vancouver.

Watmough, D. 1987. « Background information on the natural environment. » Dans : *Challenges for a contemporary statement of the livable region strategy.* District de la région métropolitaine de Vancouver, Burnaby.

Whitehead, P.E. 1989. « Toxic chemicals in Great Blue Heron *(Ardea herodias)* eggs in the Strait of Georgia. » Pages 177–183 dans : Vermeer, K., et R.W. Butler (réd.). *The ecology and status of marine and shoreline birds in the Strait of Georgia, British Columbia.* Publication spéciale, Service canadien de la faune, Ottawa.

Whitehead, P.E., J.E. Elliott et R.J. Norstrom. 1989. *Update of studies of dioxins in wildlife in the Strait of Georgia.* Inédit. Service canadien de la faune, Delta (Colombie-Britannique) et Ottawa.

Whitfield, P.H. et N.E. Dalley. 1987. « Rainfall driven pH depressions in a British Columbia coastal stream. » Pages 285–294 dans : Nix, S.J., et P.E. Black (réd.). *Monitoring, modelling, and mediating water quality. Proceedings of a symposium.* American Water Resources Association, Bethesda (Maryland).

Williams, G.L. 1986. *North Fraser shoreline habitat inventory.* North Fraser Harbour Commission et Pêches et Océans Canada, Richmond.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Barker, M.L. 1974. *Water resources and related land uses Strait of Georgia – Puget Sound basin.* Geographical Paper No. 56. Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

Dorcey, A.H.J. (réd.). 1976. *The uncertain future of the lower Fraser*. Université de la Colombie-Britannique, Westwater Research Centre, Vancouver.

Dorcey, A.H.J. (réd.). 1991. *Perspectives on sustainable development in water management : towards agreement in the Fraser River basin*. Programme de recherche sur le développement durable des eaux; Volume 1. Université de la Colombie-Britannique, Westwater Research Center, Vancouver.

Gibson, E.M. 1976. *The urbanization of the Strait of Georgia region*. Geographical Paper No. 57. Environnement Canada, Direction générale des terres, Ottawa.

Kay, B.H. 1989. *Les polluants dans le milieu marin de la Colombie-Britannique*. Feuillet d'information sur l'état de l'environnement n° 89-2. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par Michael McPhee et Larry Wolfe, Quadra Planning Consultants Ltd. (Vancouver), et Alan Ferguson, Regional Consulting Ltd. (Vancouver), avec l'aide de leurs collaborateurs sous-traitants Rob Kyle, Gary Reith, Angus Weller, Ron Kistritz, Dan Moore et Kristal Kennett.

La direction générale du projet a été assurée par un Comité directeur qui groupait Terry Chiasson, Secrétariat du Comité des cadres régionaux, Environnement Canada (Vancouver), Paul Quinn, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), et John Dick, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique (Victoria).

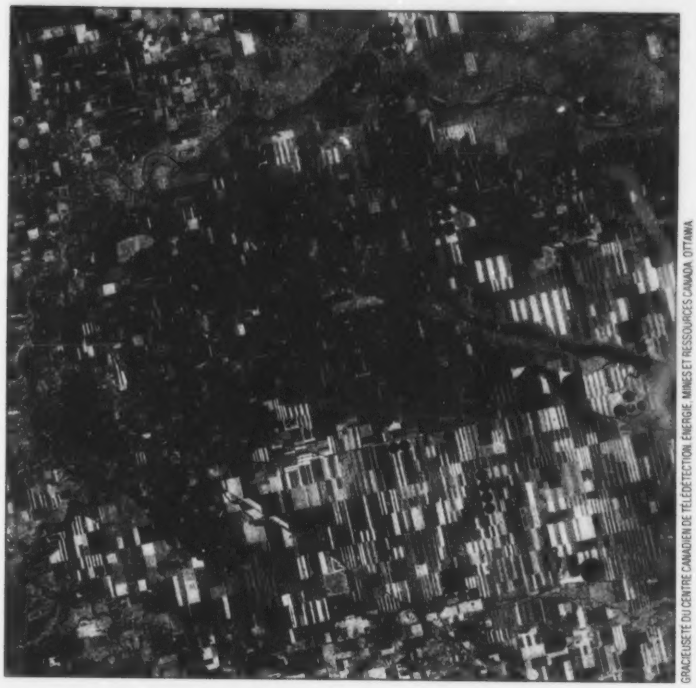
Un comité scientifique coprésidé par Vic Bartnik, Environnement Canada (Vancouver-Nord), et Brian Turner, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique (Victoria), a supervisé les contributions des données et des informations ainsi que la révision des diverses versions de ce chapitre. Ce comité était composé de représentants de six ministères fédéraux, onze ministères provinciaux, quatre districts régionaux ainsi que d'instituts de recherche et d'universités.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont également amélioré le texte et enrichi les illustrations : Don Blood, Donald A. Blood and Associates Ltd. (Nanaimo), Joan Sawicki et Gary Runka, G.G. Runka Land Sense Ltd. (Burnaby), ainsi que Anthony H.J. Dorcey et Ken J. Hall, Westwater Research Institute, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver).

La coordination des premières étapes de la préparation du chapitre a été confiée à Darrell Piekarz et Paul Quinn, Rapport sur l'état de l'environnement, tandis que celle des étapes finales et des phases ultérieures du processus de publication a été assurée par Ken Redpath, Rapport sur l'état de l'environnement.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett, avec la collaboration de Susan Burns.

17



GRACIEUSETÉ DU CENTRE CANADIEN DE TÉLÉDÉTECTION, ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

La région des Prairies, également appelée écozone des Prairies, est l'une des régions naturelles du Canada les plus profondément modifiées par les humains. Deux de ses écosystèmes indigènes, la prairie à herbes hautes et la prairie à fétuques, ont presque complètement disparu. À l'heure actuelle, moins de 5 % des régions pastorales des Prairies sont protégées.

■

L'agriculture a eu l'influence la plus radicale et la plus vaste sur les prairies. Les terres agricoles couvrent environ 87 % de la région des Prairies, et près de 44 % des terres sont en culture.

■

La conversion des prairies à la culture céréalière a tendance à accroître les pertes de matière organique et d'éléments nutritifs présents dans le sol; selon les estimations, la quantité de matière organique présente à l'origine dans les sols des Prairies a diminué de 40 à 50 %.

■

Les milieux humides des Prairies renferment des habitats essentiels à plus de 50 % des espèces de sauvagine d'Amérique du Nord.

■

L'écozone des Prairies, compte tenu de sa superficie et de sa population, est l'habitat naturel d'un nombre disproportionné d'espèces de faune et de flore menacées ou en danger de disparition au Canada.

■

Les réseaux fluviaux naturels ont été profondément modifiés et intensivement aménagés; on trouve des réservoirs servant à la production d'énergie hydroélectrique et thermique, à des projets d'irrigation, à la gestion de l'eau et à la protection contre les inondations sur presque tous les réseaux hydrographiques d'importance de la région des Prairies.

■

L'irrigation ne se pratique que sur 2,4 % des terres agricoles, mais elle représente 46 % des prélèvements d'eau, et 69 % de la consommation totale d'eau dans les provinces des Prairies.

■

Dans l'ensemble, la qualité de l'eau ne se dégrade pas outre mesure, mais elle est proche d'un seuil minimal à de nombreux endroits, et les tendances économiques, sociales et climatiques actuelles pourraient la faire baisser à un niveau inacceptable.

■

Le développement économique exerce des pressions critiques sur les réserves en eau disponibles dans certains bassins des provinces des Prairies, et l'augmentation de la consommation de l'eau dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan est de plus en plus préoccupante, car elle pourrait empêcher de répondre aux exigences touchant les utilisations directes de l'eau des écosystèmes aquatiques.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 17-4

L'écozone des Prairies 17-4
Le climat 17-4
La végétation 17-5
La faune 17-5
Les sols 17-6
Les ressources en eau 17-7

Les contraintes exercées par les humains et la nature sur l'écosystème 17-9
La disparition des habitats et des espèces sauvages 17-10
La dégradation des terres 17-11
La dégradation de la qualité de l'air et le changement climatique 17-12
La modification des réseaux fluviaux 17-13
Les prélèvements d'eau 17-16
La dégradation de la qualité de l'eau 17-18
Les activités agricoles 17-18
Les centres urbains 17-19
Les activités industrielles 17-20
Les inondations et les sécheresses 17-21

La réaction de la société 17-22
La conservation des terres et des espèces sauvages 17-22
La gestion de l'eau 17-23
Équilibrer l'offre et la demande 17-24
Améliorer la qualité de l'eau 17-24
L'avenir 17-25

Conclusions 17-26

Ouvrages cités 17-26

Pour de plus amples renseignements 17-28

Remerciements 17-29

Liste des figures

17.1 La région des Prairies, également appelée écozone des Prairies dans le système de classification des terres et des écozones terrestres d'Environnement Canada **17-5**
17.2 Zones de sols de la région des Prairies **17-6**
17.3 Bassins fluviaux de la région des Prairies **17-7**
17.4 Comparaison entre deux cours d'eau à débits annuels similaires, dont l'un prend naissance en montagne (rivière Bow) et l'autre, dans les plaines (rivière Rouge) **17-7**
17.5 Principaux barrages dans la région des Prairies **17-12**
17.6 Effets des réservoirs sur les écoulements en aval : rivière Saskatchewan Sud, à Saskatoon **17-13**
17.7 Prélèvement et consommation d'eau dans les provinces des Prairies, 1986 ..... **17-14**
17.8 Prélèvement total d'eau à des fins d'irrigation en Alberta et en Saskatchewan, 1951–1987 ..... **17-14**
17.9 Prélèvements d'eau par les centrales thermiques des provinces des Prairies, 1951–1986 ..... **17-15**
17.10 Prélèvements d'eau par les villes des provinces des Prairies, 1951–1987 ..... **17-15**
17.11 Tronçons de rivières présentant des problèmes d'enrichissement en éléments nutritifs dans la région des Prairies. **17-18**
17.12 Variabilité des numérations de coliformes fécaux dans la rivière Rouge, à la frontière internationale du Manitoba, 1976–1991 ..... **17-18**
17.13 Évolution du traitement des eaux usées dans des villes des Prairies, 1900–1990 ..... **17-23**

Liste des tableaux

17.1 Changements dans l'utilisation des terres agricoles et la population dans la région des Prairies, 1971–1986 ..... **17-8**
17.2 Fraction des prairies toujours à l'état naturel **17-9**
17.3 Utilisation des principaux cours d'eau de la région des Prairies **17-16**
17.4 Principaux facteurs influant sur la qualité de l'eau **17-17**
17.5 Utilisations influencées par la qualité actuelle de l'eau **17-21**
17.6 Préoccupations touchant la qualité de l'eau **17-25**

« ... dans le Sud, le patrimoine de fragiles prairies naturelles qui était nôtre a été pratiquement dilapidé; il ne reste plus qu'un paysage dénudé qui, par endroits, ne laisse voir que désolation et tristesse. La beauté du paysage des prairies qui nous avait été donnée est saccagée, et même la faune survit difficilement. »

Sharon Butala, 1989

INTRODUCTION

Il n'y a pas très longtemps, de vastes prairies occupaient une grande partie du centre de l'Amérique du Nord et s'étendaient vers le sud presque jusqu'au golfe du Mexique, vers l'est jusqu'au lac Michigan et vers l'ouest jusqu'au versant oriental des Rocheuses. La partie la plus septentrionale de la région couvre environ 500 000 km^2 du territoire actuel de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba (figure 17.1). Elle représente environ 5 % de la superficie totale du Canada et 27 % de celle des provinces des Prairies.

Au cours du siècle dernier, la région des Prairies a subi des transformations radicales et il n'en reste plus maintenant qu'une petite fraction à l'état naturel. La première modification majeure signalée dans cet écosystème de prairies naturelles a été le massacre annuel de milliers de bisons par les colons européens. Depuis lors, l'agriculture, la mise en valeur des ressources et l'urbanisation ont exercé une multitude d'effets sur la fertilité du sol, la qualité de l'air, de l'eau et des habitats fauniques ainsi que sur la disponibilité de l'eau dans la région.

La région des Prairies, également appelée écozone des Prairies, est l'un des habitats naturels les plus menacés du Canada (Gauthier et Henry, 1989). Le présent chapitre examine tout d'abord la situation actuelle des diverses composantes de l'écosystème des prairies et aborde ensuite les contraintes d'origine naturelle et d'origine humaine que subit l'écosystème, notamment les ressources en eau. Il traite enfin des façons dont les gouvernements et le public réagissent à ces contraintes.

L'ÉCOZONE DES PRAIRIES

On trouve des prairies là où le sol est trop aride pour que la forêt s'y développe, mais pas suffisamment pour empêcher les plantes de plus petite taille de créer un tapis végétal dense (Stewart et Tiessen, 1990). L'écozone des Prairies est apparue après le recul des glaciers il y a de 8 000 à 11 000 ans, par suite de l'action du climat sur les dépôts géologiques; ses limites sont restées stables au cours des 2 500 dernières années, mais sa forme a été modifiée depuis 200 ans par les activités humaines. Les diverses composantes de l'écozone des Prairies — climat, végétation, faune, sols et eau — interagissent de façon complexe les unes avec les autres et avec les systèmes que les humains sont venus y mettre en place.

Le climat

Le climat de la région des Prairies est modelé par son emplacement au cœur de l'Amérique du Nord, loin de l'influence de la mer. Les Rocheuses, à l'Ouest, font obstacle aux vents du Pacifique chargés d'humidité. Il en résulte un climat continental marqué, de subhumide à semi-aride, avec des étés courts et chauds, des hivers longs et froids, de faibles précipitations et une forte évaporation. L'air froid et sec de l'Arctique prédomine en hiver, mais des chinooks périodiques — ces forts vents d'Ouest qui deviennent chauds et secs lorsqu'ils dévalent les versants des Rocheuses — amènent des conditions printanières dans le sud de l'Alberta et, dans une moindre mesure, de la Saskatchewan, réduisant l'enneigement et éliminant l'humidité d'une région déjà sèche.

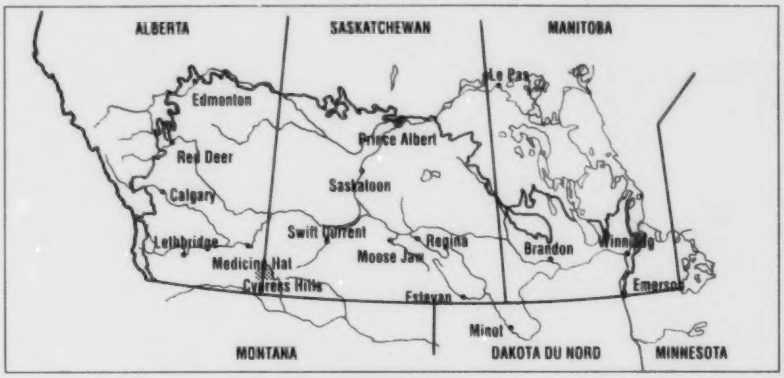
Il est inévitable que cette région subisse de fréquentes sécheresses (Phillips, 1990). On peut s'attendre à de grandes sécheresses au moins trois fois par siècle dans les Prairies (Rowe, 1990). La partie la plus méridionale de la région a connu des sécheresses pendant les années 1880, au début des années 1920 et pendant les années 1930 (Rowe, 1990). L'année la plus sèche a été 1961 et les années 1980 ont rivalisé avec les années 1930 sur le plan de l'intensité et de la durée des sécheresses ainsi que de la superficie touchée (Phillips, 1990).

Des sécheresses locales se produisent presque chaque année à différents endroits de la région des Prairies (Jones, 1991) et des sécheresses à grande échelle ne sont pas rares pendant la saison de croissance (de Jong et Kachanoski, 1987; Williams et collab.,

1988). Dans les parties les plus sèches de la région, l'humidité du sol dont peuvent disposer les plants lors de leur mise en terre peut n'être que de 15 à 30 % de la capacité de rétention d'eau du sol (R. Raddatz, Environnement Canada, communication personnelle). Par contre, en été, de violents orages peuvent entraîner des chutes de pluie qui dépassent la capacité d'absorption du sol et provoquer un affouillement dans les petits réseaux fluviaux et les villes (Paul, 1984) et, quelquefois, la formation d'étangs temporaires qui peuvent détruire les cultures (K. Jones, Environnement Canada, communication personnelle). Pour les cultures, le moment des précipitations pendant la saison de croissance est souvent aussi important que leur quantité. La sécheresse peut avoir un effet dévastateur sur la faune, les pâturages et le bétail ainsi que sur la production d'électricité (Jones, 1991).

FIGURE 17.1

La région des Prairies, également appelée écozone des Prairies dans le système de classification des terres et des écozones terrestres d'Environnement Canada



Région des Prairies

Source : Wiken, 1986.

La végétation

La végétation de l'écozone des Prairies est fondamentalement différente de celle des écozones forestières et la végétation naturelle est complètement différente des cultures qui l'ont en grande partie remplacée. Les graminées indigènes et autres plantes sont vivaces et jusqu'à 85 % de leur biomasse se trouve dans leur système racinaire étendu. Bon nombre des graminées ont une croissance plus lente en période d'extrême sécheresse et se reproduisent en grande partie par drageonnement racinaire plutôt que par leurs graines (Rowe et Coupland, 1984; Eisenberg, 1989; Stewart et Tiessen, 1990).

Dans les provinces des Prairies, on observe des types de végétation qui correspondent en grande partie au régime climatique et à la configuration des sols (Laycock, 1972). Par conséquent, les classifications géographiques courantes (Rowe et Coupland, 1984; Groupe de travail sur les écorégions, 1989) distinguent les zones suivantes : 1) la zone la plus aride, celle de la prairie mixte du sud-est de l'Alberta et du sud-ouest de la Saskatchewan; 2) une zone subhumide, celle de la prairie à fétuques dans les avant-monts de l'Alberta et s'étendant vers le nord; et 3) une zone de transition nordique de prairie-parc. La prairie à fétuques est souvent divisée en prairie à fétuques des avant-monts et en prairie à fétuques des plaines et certains auteurs désignent également la région la plus sèche au sud des collines Cyprès comme une prairie à herbes courtes distincte (Rowe et Coupland, 1984). Les limites de ces zones sont quelque peu arbitraires, car la prairie à fétuques se rencontre dans la prairie-parc et dans des zones élevées comme les collines Cyprès. Toutes les zones de végétation ont été modifiées par les interventions humaines : une zone de prairie à herbes hautes dans le centre-sud et le sud-est du Manitoba est presque entièrement cultivée (Fonds mondial pour la nature Canada, 1988) et la prairie-parc, zone nordique de transition avant la forêt boréale, s'est considérablement étendue vers le sud dans d'anciennes prairies depuis que l'établissement des humains dans la région a pratiquement mis fin aux feux de prairies (Rowe et Coupland, 1984).

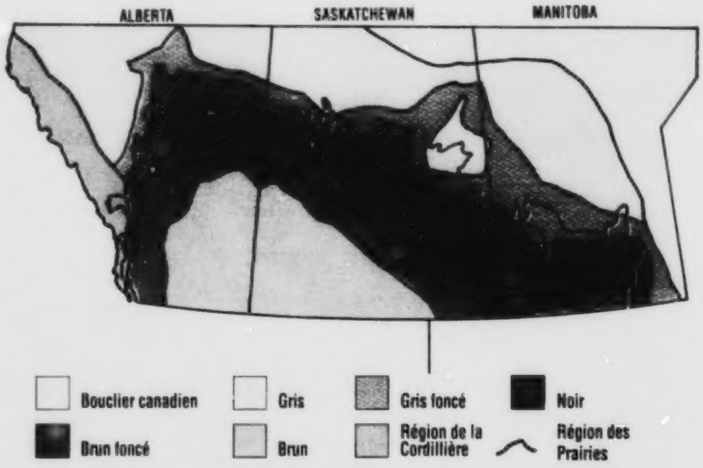
Dans les zones arides, les régions entourant les lacs et cours d'eau forment des habitats très distincts de ceux des terres sèches environnantes. Des bosquets de peupliers et autres essences poussent le long des rivières et forment des habitats diversifiés et très productifs dans les vallées fluviales (Rowe et Coupland, 1984; Fonds mondial pour la nature Canada, 1988; Rood et Mahoney, 1990). Les lacs, les marécages et les marais des prairies ainsi que les hautes terres environnantes regorgent de végétation, et une grande variété d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens y trouvent une source de nourriture, un abri et des habitats de reproduction et de nidification. L'une des fonctions principales de ces terres humides est de servir d'aire de reproduction à plus de 50 % de l'ensemble des espèces de sauvagine de l'Amérique du Nord. Certains milieux humides, comme les cuvettes qui se forment au printemps, peuvent s'assécher au bout de quelques semaines tandis que d'autres forment des étendues d'eau permanentes. Chaque type de milieu humide joue un rôle déterminant à différents stades du cycle biologique de la sauvagine, tout comme la végétation des hautes terres (Sugden, 1984).

La faune

La faune des prairies, tout comme la végétation, a évolué en fonction des conditions extrêmes qui y règnent.

FIGURE 17.2

Zones de sols de la région des Prairies



Source : McGill et collab., 1981.

Bon nombre d'oiseaux et de mammifères sont migrateurs et les oiseaux y font preuve d'une flexibilité géographique exceptionnelle dans la sélection de leurs aires de reproduction ou évitent de se reproduire certaines saisons (McNicholl, 1988). Plus de 50 % de tous les canards de l'Amérique du Nord naissent dans les milieux humides des prairies, et ces milieux constituent, pour les espèces de sauvagine migratrices, des aires de repos et de rassemblement essentielles (Gauthier et Henry, 1989). On trouve dans les vallées fluviales des habitats importants pour la faune, particulièrement pendant les hivers rigoureux (Gauthier et Henry, 1989).

Les prairies de l'Amérique du Nord ont déjà abrité près de 50 à 60 millions de bisons et quelque 30 à 40 millions d'antilopes d'Amérique, d'élans et de cerfs mulets (Arthur, 1984; Mitchell, 1984), ainsi que des ours bruns et des loups des plaines. De nos jours, les prairies canadiennes sont habitées par un grand nombre d'espèces fauniques menacées ou en danger de disparition (voir le chapitre 6).

Les sols

La configuration des sols des prairies reflète l'influence des facteurs pédogénétiques, c'est-à-dire le matériau parental, la pente et le drainage, le climat et la végétation (Laycock, 1972). L'influence conjuguée de la végétation et du climat se traduit par la présence de plusieurs grandes zones de sol. Une pluviosité relativement faible et des températures estivales élevées associées aux effets du chinook dans le sud-est de l'Alberta et le sud-ouest de la Saskatchewan donnent un couvert végétal épars de graminées relativement courtes (Peters et collab., 1978). Les sols, dont l'horizon de surface va de brun pâle à brun, sont le reflet de ces conditions. En surface, les couleurs sont fonction de la teneur en matière organique du sol et cette zone aride est dite zone de sol brun (figure 17.2).

À l'est et au nord de la zone de sol brun, le climat est moins aride et la végétation plus haute. Par conséquent, les horizons de surface deviennent progressivement plus foncés en raison de l'augmentation correspondante de la quantité de matière organique qui s'accumule dans le sol. Ce sont les zones des sols brun foncé et noir. Dans les endroits plus humides et plus frais, ces zones se caractérisent par des bouquets d'arbres et d'arbustes.

Dans les parties nord et nord-est de la région, le climat est plus humide et plus frais et la forêt remplace les prairies. Les effets du climat, des arbres et des arbustes ainsi que les espèces dominantes de micro-organismes du sol entraînent la formation de sols à horizon superficiel grisâtre. C'est la zone de sol gris.

Outre les grandes zones de sol, on trouve également des zones de transition et des « îlots » de sol zonal (Peters et collab., 1978). Ces régions sont le résultat des effets des variations locales du climat, de la végétation, de la topographie, du drainage et du matériau parental ou d'une combinaison de ces facteurs. Ainsi, la région de transition prairie–forêt comporte des sols noir, gris foncé et gris. Des sols brun foncé, noir et gris se trouvent dans les collines Cyprès, où des altitudes plus élevées donnent un climat plus frais et plus humide que dans les plaines plus basses occupées par un sol brun. On peut également trouver un sol noir sur les versants orientés vers le nord et vers l'est des régions ondulées de la partie septentrionale de la zone de sol brun foncé.

Les sols les plus productifs de la région sont les sols chernozémiques noir, gris foncé et brun foncé (figure 17.2) des tremblaies-parcs et des prairies à herbes hautes et mixtes (Fonds mondial pour la nature Canada, 1988; Groupe de travail sur les écorégions, 1989). Les sols ont déjà été tellement fertiles qu'ils pouvaient être cultivés et produire des récoltes pratiquement sans aucun engrais pendant les 20 à 30 premières années après leur ameublissement (Bentley et Leskiw, 1985; Stewart et Tiessen, 1990). Les sols chernozémiques bruns du sud-ouest de la Saskatchewan et du sud-est de l'Alberta ont un horizon de surface plus mince et une plus faible teneur en matière organique. Tous les sols de l'écozone des Prairies sont généralement vulnérables à l'érosion, surtout lorsqu'ils sont totalement laissés à nu, comme dans les jachères et sur les versants ou là où le sol est sableux (Agriculture Canada, 1983; Coote, 1983; Dumanski et collab., 1986).

Les ressources en eau

Les cours d'eau du réseau hydrographique de la Saskatchewan (bassins 1–7, figure 17.3) drainent la plus grande partie de la région canadienne des prairies. Les eaux de ce bassin versant prennent leur source sur les versants est des Rocheuses en Alberta et au Montana, traversent la Saskatchewan et le Manitoba et finissent par se jeter dans le lac Winnipeg.

À l'extrémité sud-est de la région des prairies, la rivière Rouge (bassin 11, figure 17.3) prend naissance aux États-Unis et traverse la frontière vers le nord jusqu'au Manitoba. À Winnipeg, les eaux de la Rouge et celles du réseau de la rivière Assiniboine (bassins 8–10, figure 17.3) se rejoignent avant d'aller se jeter dans le lac Winnipeg. Ces deux réseaux hydrographiques majeurs reçoivent des eaux de ruissellement provenant de sources très diversifiées.

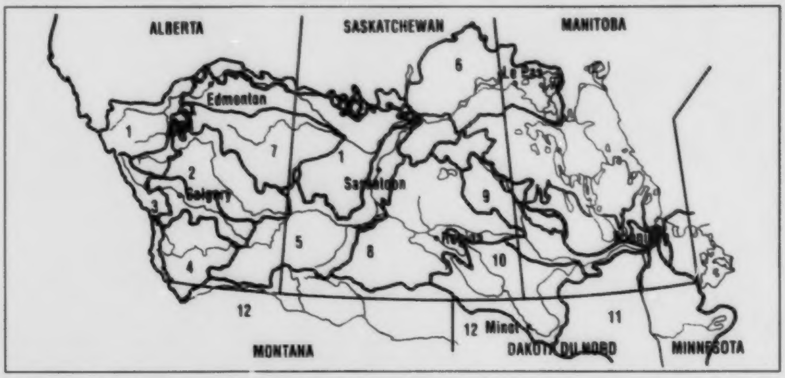
Le long de la partie ouest de la limite méridionale des prairies canadiennes, les affluents de la rivière Missouri, y compris la rivière Milk, prennent naissance à l'extérieur de la région, dans les avant-monts des Rocheuses au Montana et dans les collines Cyprès (bassin 12, figure 17.3). La rivière Milk traverse la frontière internationale et finit par se jeter dans la rivière Missouri d'où elle s'écoule vers le golfe du Mexique.

Les versants est des Rocheuses sont la principale source d'eau du bassin de la rivière Saskatchewan. Les eaux d'amont des principaux cours d'eau fournissent environ 70 % du débit annuel moyen à Le Pas, au Manitoba, immédiatement en aval de la limite Saskatchewan–Manitoba. Les affluents situés immédiatement en amont de Le Pas représentent 23 % du débit, et l'apport direct de la région des plaines du bassin n'est que de 7 % (Environnement Canada, 1989*b*, 1989*c*).

La conjugaison de faibles précipitations annuelles, de taux élevés d'évaporation et de vastes étendues à relief ondulé et valonneux mal drainées se traduit par un très faible ruissellement annuel moyen venant des plaines. Les précipitations s'évaporent surtout du sol ou sont absorbées par les plantes, ce qui laisse une quantité relativement faible pour le ruissellement de surface ou l'échange avec des réseaux d'eau souterrains. Par conséquent, les lacs des différents bassins versants s'agrandissent au cours des années à fortes précipitations et diminuent ou disparaissent pendant les années de sécheresse.

FIGURE 17.3

Bassins fluviaux de la région des Prairies



1 Rivière Saskatchewan Nord	4 Rivière Oldman	7 Rivière Battle	10 Rivière Souris
2 Rivière Red Deer	5 Rivière Saskatchewan Sud	8 Rivière Qu'Appelle	11 Rivière Rouge
3 Rivière Bow	6 Rivière Saskatchewan	9 Rivière Assiniboine	12 Rivière Missouri

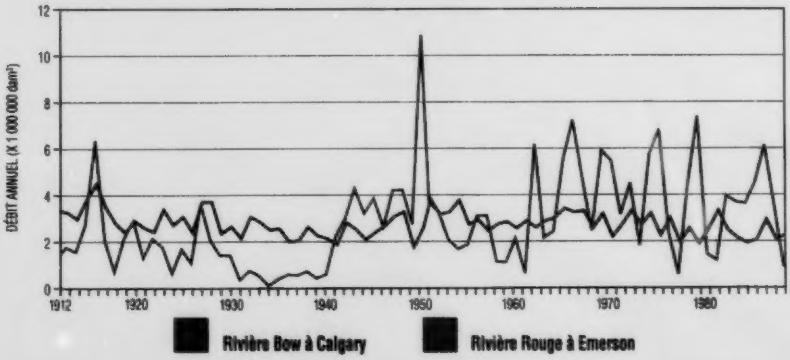
Région des Prairies — Bassin versant

Source : Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

FIGURE 17.4

Comparaison entre deux cours d'eau à débits annuels similaires, dont l'un prend naissance en montagne (rivière Bow) et l'autre, dans les plaines (rivière Rouge)

Les cours d'eau qui prennent naissance dans les plaines ou qui y franchissent de longues distances acquièrent des caractéristiques distinctes, dont des niveaux d'eau très variables.



Remarque : 1 dam³ = 1 décamètre cube = 1 000 m³. Le débit annuel moyen de la rivière Bow à Calgary est de 2,89 millions de décamètres cubes. Le débit annuel moyen de la rivière Rouge à Emerson est de 3,02 millions de décamètres cubes.

Source : Environnement Canada, 1989*b* et 1989*c*.

[illegible] 17.1

Changements dans l'utilisation des terres agricoles et la population dans la région des Prairies, 1971–1986

Paramètre	Manitoba	Saskatchewan	Alberta	Région des Prairies
Superficie (ha)	7 400 456	28 533 284	16 254 233	52 187 973
Superficie des terres agricoles (ha)				
1971	6 137 406	25 136 100	14 290 650	45 564 156
1986	6 076 336	25 213 180	14 104 623	45 394 139
% de changement	−1.00	0.31	−1.30	−0.37
Terres agricoles en pourcentage de la superficie totale de la région				
1971	83	88	88	87
1986	82	88	87	87
% de changement	−1.00	0.31	−1.30	−0.37
Nombre d'exploitations agricoles				
1971	27 581	72 653	38 288	138 522
1986	21 274	59 855	34 465	115 594
% de changement	−22.87	−17.62	−9.98	−16.55
Taille moyenne des exploitations agricoles (ha)				
1971	223	346	373	329
1986	286	421	409	393
% de changement	28.36	21.75	9.65	19.39
Superficie des terres cultivées (ha)				
1971	3 159 347	10 608 210	5 030 159	18 797 717
1986	3 844 218	12 665 926	6 339 742	22 849 887
% de changement	21.68	19.40	26.03	21.56
Superficie des pâturages améliorés (ha)				
1971	216 994	742 318	723 849	1 683 161
1986	195 037	791 377	771 928	1 758 342
% de changement	−10.12	6.61	6.64	4.47
Superficie des jachères (ha)				
1971	916 683	6 495 432	2 247 874	9 659 989
1986	379 072	5 529 959	1 616 367	7 525 398
% de changement	−58.65	−14.86	−28.09	−22.10
Superficie boisée (ha)				
1971	225 126	314 306	181 576	721 007
1986	76 736	117 551	72 449	266 736
% de changement	−65.91	−62.60	−60.10	−63.01
Superficie des autres types de terres[a] (ha)				
1971	1 619 257	6 975 834	6 107 192	14 702 283
1986	1 581 273	6 108 367	5 304 136	12 993 776
% de changement	−2.35	−12.44	−13.15	−11.62
Population totale				
1971	843 945	875 925	1 347 685	3 067 555
1986	919 435	950 780	1 958 240	3 828 455
% de changement	8.95	8.55	45.30	24.80

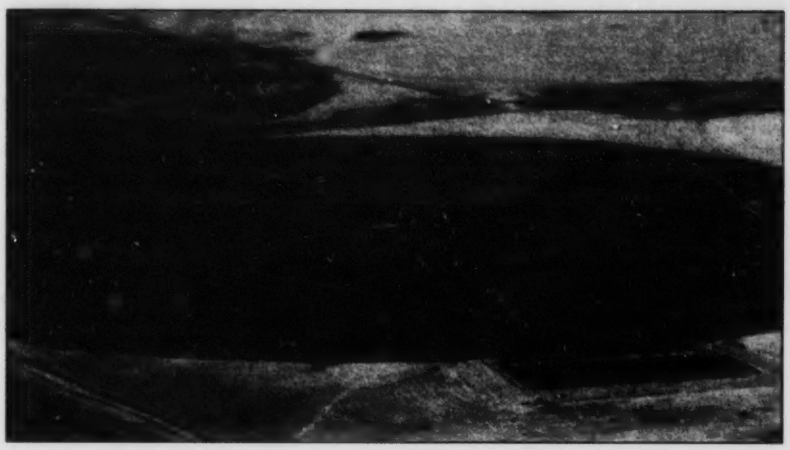
[a] Les autres types de terres comprennent notamment les enclos de ferme, la terre qui vient d'être travaillée mais qui n'a pas encore été ensemencée, les régions non cultivées de pâturages naturels ou de prairie de fauche, les pâturages de broussailles, les marécages, les marais et les terres rocheuses.

Source : Statistique Canada, 1986.

Les débits annuels et les débits d'un mois donné des cours d'eau prenant naissance dans les plaines peuvent varier de façon spectaculaire, bien que 30 à 40 % de l'écoulement global ait lieu en avril la plupart du temps. Par contre, le débit des cours d'eau prenant naissance en montagne varie moins; règle générale, 20 à 30 % de l'écoulement se produit en juin ou en juillet (Lane et Sykes, 1982). La figure 17.4 montre la variation annuelle des débits de deux rivières ayant un volume similaire mais des origines différentes : la rivière Bow (dans les Rocheuses) et la rivière Rouge (dans les plaines).

Les eaux qui prennent naissance dans les prairies ou qui s'y écoulent recueillent des concentrations élevées d'éléments nutritifs, de métaux, de minéraux, de sels et de sédiments en comparaison des rivières des terrains montagneux. La qualité de l'eau est souvent directement fonction du climat et de facteurs qui lui sont connexes, comme la sécheresse, les inondations et le moment des chutes de pluie. Les éléments nutritifs comme le phosphore et l'azote atteignent des concentrations élevées dans les eaux des prairies, car ils abondent naturellement dans les sols de la région. L'abondance de ces éléments nutritifs entraîne l'eutrophisation des lacs, des réservoirs, des marécages et de certains cours d'eau. Les fleurs d'eau, la croissance de mauvaises herbes aquatiques (macrophytes), des odeurs nauséabondes, de l'eau trouble, des plages souillées, l'épuisement de l'oxygène et la mortalité périodique de poissons sont généralement associés à des eaux eutrophes. Les lacs Fishing dans la vallée de la rivière Qu'Appelle en Saskatchewan, et même les lacs qui n'ont pas été modifiés de façon significative par les activités humaines, sont un exemple typique de cette condition (données de la Direction sur la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Regina).

Bon nombre des masses d'eau des régions arides des Prairies se caractérisent par de fortes concentrations de sels de calcium et de magnésium ainsi que de sulfate et de bicarbonate de sodium. Les taux élevés d'évaporation, les faibles précipitations et les eaux souter-



Terre irriguée dans le sud de l'Alberta

Gracieuseté de la Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Regina.

raines naturellement salines font augmenter les teneurs en sel des eaux de surface des prairies. Pendant l'hiver, le gel peut avoir pour effet de faire augmenter la salinité de l'eau des lacs peu profonds en excluant de la couche de glace les sels qui se concentrent alors dans l'eau qui reste. Les lacs qui ne sont reliés à aucun réseau principal et, par conséquent, n'ont aucune source fiable de régénération en eau, sont caractéristiques des prairies. L'évaporation étant élevée et l'apport d'eau étant faible, les lacs sont très salins, comme le lac Old Wives (un lac asséché entre le milieu et la fin des années 1980) en Saskatchewan, le lac Pakowki en Alberta et le lac Rock au Manitoba. Même si elles ne sont pas propices à la nidification et à la pêche sportive, les masses d'eau saline sont d'importantes aires de repos pour la sauvagine et offrent des habitats à certaines espèces en danger de disparition, notamment le pluvier siffleur, qui niche sur les plages jouxtant des étendues d'eau douce ou salée.

L'érosion du sol et des berges se traduit souvent par la présence de sédiments en suspension. De fortes charges solides en suspension donnent à l'eau une apparence trouble ou turbide et peuvent également faire augmenter le coût de traitement des eaux des villes et des industries. Les sédiments sont des

Tableau 17.2

Fraction des prairies toujours à l'état naturel

Type de prairie	Fraction restante (%)
Prairie-parc	<13
Prairie d'herbes hautes	<1
Prairie à fétuques rugueuses (avant-monts et collines Cyprès)	20-27
Prairie à fétuques	1-5
Prairie mixte	24

Source : J.T. Romo, Université de la Saskatchewan, communication personnelle; E. Driver, Environnement Canada, communication personnelle.

sources d'éléments nutritifs et de métaux et peuvent également charrier des substances comme des pesticides dans une masse d'eau.

Les cours d'eau alimentés par la fonte des neiges des montagnes ont des teneurs plus faibles en éléments nutritifs, en sels dissous et en substances consommatrices d'oxygène que ceux principalement alimentés par la fonte des neiges dans les prairies. Ainsi, les teneurs en phosphore et en azote sont dix fois plus élevées dans les rivières Souris et Rouge que dans les rivières Bow et Saskatchewan Nord dans leurs tronçons des avant-monts des Rocheuses (données d'Environnement Canada). Les teneurs en matières solides dissoutes (sels) sont plus de deux fois plus élevées dans les cours d'eau des prairies que dans les tronçons des rivières situées près de leur source, en montagne. Les cours d'eau qui prennent naissance en montagne acquièrent de plus en plus, à mesure qu'ils traversent les prairies, les caractéristiques qualitatives des cours d'eau des prairies.

LES CONTRAINTES EXERCÉES PAR LES HUMAINS ET LA NATURE SUR L'ÉCOSYSTÈME

La première contrainte d'importance exercée par les humains sur les prairies est venue de la chasse au bison pratiquée par les Européens, tout d'abord pour approvisionner les commerçants de fourrures du Nord (dès le début des années 1780) et ensuite pour obtenir des peaux et du cuir pour tout le continent nord-américain (Arthur, 1984; Ray, 1984). Le massacre annuel de milliers de bisons a pratiquement entraîné l'extermination des bisons vivant en liberté dès le début des années 1880. Par la suite, la chasse à l'antilope d'Amérique, à l'élan et au cerf mulet s'est intensifiée (Mitchell, 1984).

L'autre grande contrainte exercée sur les prairies est venue de l'agriculture, qui a débuté avec la création de la colonie de Selkirk dans la vallée de la rivière Rouge, au Manitoba, en 1811. Dès 1931, le pourcentage des prairies canadiennes cultivées atteignait 60 %; de nos jours, il est d'environ 70 % (Rowe et Coupland, 1984). En 1986, les terres agricoles couvraient environ 87 % de la région des prairies et près de 44 % de la superficie totale était en culture (Statistique Canada, 1986). Le pourcentage de terres cultivées chaque année dans cette région, appelée le grenier du Canada, est élevé — il dépasse peut-être celui de toute autre région comparable dans le monde (Coupland, 1981, cité dans Rowe, 1990) — et ne cesse d'augmenter (Rowe, 1990). L'agriculture, de par son importance et son impact, est la principale contrainte qui s'exerce main-

tenant sur l'écosystème. Elle entraîne non seulement des modifications de l'écosystème naturel en raison des changements dans l'utilisation des terres (tableau 17.1) et de l'irrigation, mais elle peut contribuer à son propre déclin en raison de l'érosion, de la perte de productivité et de la salinisation des sols si les méthodes de conservation ne sont pas renforcées.

L'urbanisation de la région des Prairies exerce aussi des contraintes sur l'écosystème. En 1986, environ 3,8 millions de personnes, soit 15 % de la population canadienne, vivaient dans la région des Prairies, une augmentation de près de 25 % par rapport à 1971 (voir le tableau 17.1). Tous les grands centres urbains (plus de 100 000 habitants) des Prairies — Edmonton, Calgary, Saskatoon, Regina et Winnipeg — sont situés dans l'écozone des Prairies. L'expansion urbaine rapide de 1966 à 1986 a eu pour conséquence l'empiétement sur les terres rurales du Canada. Pendant cette période, le quart (73 350 ha) des terres rurales urbanisées — à un point tel qu'elles ne peuvent plus produire de ressources renouvelables — par les villes du Canada comptant plus de 25 000 habitants se trouvaient dans les provinces des Prairies. En Alberta seulement, 51 691 ha (17 %) de la superficie rurale totale de 301 440 ha situés en périphérie de 70 villes canadiennes de plus de 25 000 habitants ont été urbanisés (Warren et collab., 1989).

Parmi les contraintes exercées sur l'écosystème par les centres urbains, on compte l'élimination inadéquate des eaux usées urbaines et des déchets industriels, qui engendre des problèmes de pollution des eaux, de même que le transport urbain, le chauffage des locaux et d'autres formes d'utilisation des combustibles fossiles, qui causent une pollution atmosphérique localisée. Viennent s'y ajouter les problèmes des zones péri-urbaines, où les habitations des banlieues éloignées ne sont pas desservies par des réseaux publics de distribution d'eau et d'égouts et où les fosses septiques et les puits sont plus nombreux.

L'industrialisation de cette région depuis le début du XX^e^ siècle est un troisième facteur exerçant des contraintes sur l'environnement. La mise en valeur des ressources a débuté avec l'exploitation des gisements de charbon au début du siècle. La production pétrolière et gazière a commencé pendant les années 1930 et 1940 et l'exploitation de la potasse, en Saskatchewan, au cours des années 1950. La région n'est pas fortement industrialisée, mais certaines industries contribuent à la détérioration de la qualité de l'air et de l'eau.

En plus d'être soumise à des contraintes d'origine anthropique, l'écozone des Prairies est exposée à des contraintes naturelles comme les inondations et la sécheresse. La section qui suit décrit brièvement les changements qui se sont produits sous l'effet des diverses contraintes exercées par les humains et la nature.

La disparition des habitats et des espèces sauvages

Près de 70 % des prairies naturelles ont été labourées et une grande partie de celles qui restent servent de pâturages, dont certains sont surexploités (Rowe et Coupland, 1984). Le prix à payer a été très élevé : diminution de la productivité du sol, perte d'habitats et réduction de la biodiversité et des populations fauniques. Deux types de prairies naturelles, la prairie à herbes hautes et la prairie à fétuques, ont été presque éliminés au Canada (tableau 17.2). L'un des derniers sites occupés par une prairie à herbes hautes, le St. James Living Prairie Museum, se trouve dans un parc urbain de Winnipeg. La majeure partie des prairies naturelles qui restent sont considérées comme étant propices à la culture et le pâturage y exerce d'énormes pressions.

Des menaces planent également sur les habitats constitués par la végétation riveraine des vallées fluviales dans l'ouest des prairies, principalement le long des rivières et des ruisseaux du bassin de la rivière Saskatchewan Sud. Les vallées fluviales renferment des habitats fauniques et floristiques diversifiés et pittoresques dans ce paysage par ailleurs aride, et peuvent servir de couloirs de migration pour de nombreuses espèces. Dans le sud de l'Alberta, le débit restant des cours d'eau utilisés à des fins d'irrigation est souvent insuffisant pour permettre à la végétation riveraine de survivre. En aval du barrage St. Mary, le nombre des peupliers a diminué de 50 % en 20 ans, une tendance qui pourrait être irréversible; ces arbres présentent également des signes de déclin en aval du barrage Waterton situé non loin de là. L'avenir des peupliers en aval du barrage Oldman sera probablement dicté par les décisions qui seront prises en matière d'irrigation (S. Rood, Université de Lethbridge, communication personnelle).

Les milieux humides des prairies offrent des habitats essentiels à plus de 50 % des espèces nord-américaines de sauvagine (voir le chapitre 26). Il est difficile de quantifier l'impact des activités humaines sur les milieux humides puisque le nombre de ces derniers varie de façon spectaculaire selon la sécheresse ou la pluviosité d'une année donnée. De 1,6 à 7,1 millions de milieux humides ont été signalés pour un même mois de différentes années, et ces chiffres sont étroitement corrélés aux indices de sécheresse couramment utilisés (Sugden, 1984; K. Jones, Environnement Canada, communication personnelle). De nombreux milieux humides n'existent également que pendant une partie de la saison. Néanmoins, les pertes de milieux humides ont été estimées, en 1980, à 1,2 million d'hectares (Sugden, 1984) et une analyse statistique a permis d'établir une diminution globale de 22 % du nombre d'étangs depuis 1955, leur nombre moyen des dix dernières années ayant été de 2,8 millions (Dickson, 1989; Caswell, 1990). Les pertes estimatives des milieux humides présents à l'origine dans les prairies varient de 40 % (Gauthier et Henry, 1989) à 71 % (Environnement Canada, 1986), selon un certain nombre de facteurs incluant les techniques de relevé, la période des relevés et la région à l'étude.

Le nombre d'étangs n'est pas le seul facteur ayant une importance déterminante sur les habitats de la sauvagine. Cette dernière a besoin d'une grande

variété d'habitats palustres (Sugden, 1984) et de la végétation des hautes terres comme couvert de nidification. La végétation en bordure de nombreux milieux humides a été modifiée par le déboisement, le pâturage, la fenaison et la culture. En 1990, environ 30 % des bassins des milieux humides et 82 % des zones périphériques des milieux humides avaient été touchés par des activités agricoles (Caswell, 1990).

Après l'arrivée des colons dans la région, l'un des premiers changements à survenir dans les populations fauniques des prairies a été la disparition du bison et de ses prédateurs (ours bruns et loups des plaines) et la diminution radicale d'autres populations de grands ongulés (Arthur, 1984; Mitchell, 1984). De nos jours, on ne voit plus aucun bison en liberté dans les prairies et environ 28 000 antilopes d'Amérique survivent dans la prairie mixte de l'Alberta et de la Saskatchewan (Environnement Canada, 1983). Les ongulés sont maintenant représentés par le bétail domestique. On trouve environ 4 400 bisons dans six parcs nationaux situés aux confins des prairies, la plupart vivant dans le parc national Wood Buffalo, qui est à l'extérieur de l'écozone des Prairies (B. Beswick et M. Falk, Environnement Canada, communication personnelle). Les loups fréquentent certains de ces mêmes parcs et les avant-monts (Carbyn, 1984). Les oiseaux de proie, les coyotes, les renards et quelques autres petits mammifères sont maintenant les prédateurs du sommet de la chaîne alimentaire des prairies.

Certains ongulés, plus particulièrement le cerf de Virginie, ont étendu leur aire de répartition d'avant la colonisation jusque dans les Prairies canadiennes. Ils prospèrent dans les régions agricoles et sont capables de coexister avec les humains. La zone des prairies du Manitoba compte à elle seule quelque 100 000 cerfs de Virginie. Ceux-ci posent en fait un problème dans le voisinage de l'aéroport international de Winnipeg au point que certains ont été capturés et lâchés en milieu rural (W.J. Carlyle, Université de Winnipeg, communication personnelle).

Certains auteurs ont affirmé que la perte d'habitats constitue, pour la faune et la flore des prairies, le problème le plus grave (Gauthier et Henry, 1989) et que, « compte tenu de sa superficie et de sa population, l'écozone des Prairies compte un nombre disproportionné d'espèces menacées et en danger de disparition » (Burnett et collab., 1989). Au moins quatre espèces de vertébrés (le renard véloce, le putois d'Amérique, la grande poule-des-Prairies et l'ours brun des plaines) ont disparu de la région. Le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada a inscrit le faucon pèlerin *anatum*, le pluvier montagnard, le pluvier siffleur, la grue blanche d'Amérique et le courlis esquimau sur sa liste d'espèces en danger de disparition.

Si des espèces sont menacées ou en danger, c'est, du moins en partie, à cause du manque d'attention porté aux sites ayant une importance critique pour la faune et la flore dans la région des Prairies. Les saules des milieux humides et les haies ont été abattus pour faciliter la culture, des champs ont été labourés jusqu'aux limites des marécages, les hautes terres entourant les milieux humides ont été utilisées pour la culture du foin ou comme pâturage, la matière ligneuse riveraine a été récoltée et les milieux humides ont été asséchés et labourés. Toutes ces interventions se sont traduites par une diminution radicale des endroits propices à la reproduction et à la nidification et par une augmentation de l'exposition aux prédateurs, aux intempéries, aux produits chimiques agricoles et aux effets directs de la machinerie utilisée pour travailler les champs.

Des brise-vent ont été aménagés en bordure des champs et des exploitations agricoles un peu partout dans les Prairies. Dans certains endroits, le paysage est devenu beaucoup plus boisé qu'il ne l'était au moment de l'arrivée des colons européens. Ces « îlots » de verdure sont des havres pour certaines espèces d'oiseaux et d'animaux sauvages. Les autres régions d'habitats fauniques et floristiques sont toutefois souvent petites et morcelées. Leurs aires d'extension continue sont fréquemment trop restreintes pour de nombreux animaux sauvages et elles sont rarement reliées par des couloirs de migration. De plus, la dérive des pesticides pulvérisés dans les champs adjacents et les perturbations directes ne cessent d'augmenter chaque année (Sheehan et collab., 1987).

La dégradation des terres

Les prairies de la planète sont des écosystèmes faciles à perturber et vulnérables à l'érosion du sol et à la désertification (Miller, 1988), et celles du Canada ne font pas exception. Compte tenu de l'importance de l'agriculture dans la région des Prairies, la dégradation des terres agricoles est particulièrement préoccupante.

Comme nous l'avons noté précédemment, la fertilité naturellement élevée des sols a permis aux premiers agriculteurs de produire des récoltes avec un apport minimal d'engrais. La mise en jachère fit son apparition au tournant du siècle (Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984) et devait permettre de conserver l'humidité du sol pour les cultures de l'année suivante, de rétablir la fertilité du sol et de lutter contre les mauvaises herbes. À court terme, la jachère est probablement la seule méthode qui permette au sol d'accumuler suffisamment d'humidité pour produire des cultures commerciales satisfaisantes dans certaines des régions les plus sèches. À long terme, elle est toutefois l'une des principales causes de l'érosion du sol par le vent et l'eau, de la perte d'éléments nutritifs et, probablement, de la salinisation anthropique des terres non irriguées. La superficie totale des jachères en pourcentage de la superficie cultivée (superficie des terres en culture additionnée à la superficie des jachères et des pâturages améliorés) dans la région des Prairies a diminué, passant de 32 % en 1971 à 23 % en 1986 (voir le tableau 17.1).

Les problèmes de dégradation des sols les plus répandus au Canada sont liés à l'érosion causée par l'eau et le vent. Dans les provinces des Prairies, l'érosion hydrique toucherait 12 % de la superficie améliorée et a un impact

[1] Dans la présente étude, les Prairies comprennent le Manitoba, la Saskatchewan, l'Alberta et la partie bordant la rivière de la Paix en Colombie-Britannique.

FIGURE 17.5

Principaux barrages dans la région des Prairies

	Bassin de la rivière Saskatchewan Nord
1	Barrage Bighorn
2	Barrage Brazeau
	Bassin de la rivière Red Deer
3	Barrage Dickson
	Bassin de la rivière Bow
4	Barrage Cascade
5	Barrage Three Sisters
6	Barrage Ghost
7	Barrage Bassano
	Bassin de la rivière Oldman
8	Barrage Waterton
9	Barrage St. Mary
10	Barrage Travers
11	Barrage Oldman

	Bassin de la rivière Saskatchewan Sud
12	Barrage Gardiner
13	Barrage Duncairn
	Bassin de la rivière Saskatchewan
14	Barrage E.B. Campbell (lac Tobin)
15	Barrage François-Finlay (réservoir Codette)
	Bassin de la rivière Souris
16	Barrage Weyburn
17	Barrage Rafferty
18	Barrage Alameda
19	Réservoir Boundary
	Bassin de la rivière Assiniboine
20	Barrage Shellmouth

Source : Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

économique annuel sur les exploitations agricoles de 155 à 197 millions de dollars (Dumanski et collab., 1986)[1]. L'érosion éolienne est particulièrement grave dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan, et son impact économique annuel approximatif sur les exploitations agricoles dans les Prairies est de 213 à 271 millions de dollars (Dumanski et collab., 1986).

La salinisation des sols est un phénomène naturel (salinité primaire); elle peut également être provoquée par l'irrigation ou les pratiques culturales qui perturbent le régime naturel des eaux souterraines (salinité secondaire). La salinisation des terres agricoles sèches est un problème de taille dans le sud et le centre de l'Alberta et de la Saskatchewan ainsi que dans quelques secteurs éparpillés du Manitoba. Selon les estimations, environ 3 millions d'hectares de terres améliorées de ces régions pourraient subir les effets d'une salinité secondaire. L'impact économique estimatif de cette salinité se situe entre 104 et 257 millions de dollars par année (Dumanski et collab., 1986) (voir le chapitre 9).

La conversion des prairies aux fins de la culture céréalière a eu tendance à accroître les pertes de matière organique et d'éléments nutritifs du sol. Selon les estimations, la quantité initiale de matière organique du sol des Prairies a diminué de 40 à 50 %. Il s'agirait là d'une perte annuelle probable d'environ 112 000 t d'azote sous forme de nitrates et de pertes incalculables de phosphore. Ces pertes pourraient être réduites de moitié si l'on diminuait l'étendue des jachères en se fondant sur des objectifs appropriés de conservation (Dumanski et collab., 1986).

Les risques d'érosion du sol des jachères sont considérablement réduits lorsque les résidus de cultures sont laissés sur place, que l'on a recours à des brise-vent, à la rotation des cultures ou à d'autres techniques culturales, ou encore lorsque la végétation vivante est recyclée. Dans certains cas, toutefois, la seule façon de protéger le sol est d'y laisser une couverture végétale permanente. Ces terres difficiles à protéger ont généralement, au départ, une productivité marginale et peuvent avoir été cultivées parce que l'on ne possédait pas de connaissances suffisantes sur les caractéristiques des sols. Plus près de nous, les systèmes d'aide à l'agriculture (p. ex., assurance-récolte, contingents de livraison des grains) ont peut-être encouragé la culture sur des terres qui ne s'y prêtaient pas ou qui avaient une productivité marginale (Girt, 1990). Fort heureusement, des habitats fauniques productifs peuvent être réimplantés sur ces terres grâce à la création d'un couvert végétal permanent. Le chapitre 9 présente de plus amples détails sur les processus de dégradation des terres qui touchent les Prairies (p. ex., salinisation des terres arides et perte de matière organique) ainsi que sur les méthodes de gestion et de conservation des sols.

La dégradation de la qualité de l'air et le changement climatique

L'air de la région des Prairies a toujours été considéré comme étant très propre (Paul, 1984). Bien que l'absence de contaminants industriels dans l'air soit l'un des atouts de la qualité de vie dans les Prairies, l'urbanisation rapide et l'expansion de l'industrie des combustibles fossiles au cours des 35 dernières années ont soulevé certaines inquiétudes (Paul, 1984). Les émissions préoccupantes de l'industrie pétrolière et gazière sont l'anhydride sulfureux,

les oxydes d'azote et les sous-produits du torchage dans les nombreuses installations de production. Les techniques modernes ont permis de régler ces problèmes en partie; toutefois, la recherche sur les sous-produits d'un torchage inefficace se poursuit. Les émissions acidifiantes comme l'anhydride sulfureux et les oxydes d'azote des centrales thermiques alimentées aux combustibles fossiles peuvent maintenant être fortement réduites par l'utilisation de techniques modernes (voir le chapitre 24 sur l'impact des dépôts acides).

Dans les centres urbains, la qualité de l'air est quelquefois altérée par des activités industrielles comme celles des fonderies de plomb de seconde fusion (Winnipeg) et des raffineries (Regina) et l'exploitation pétrolière et gazière (Lloydminster).

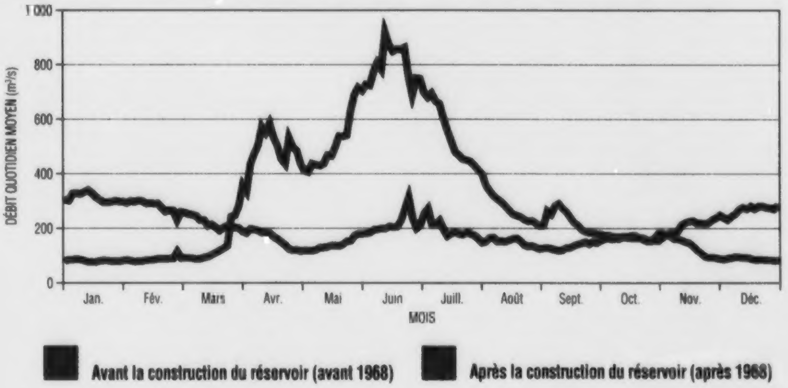
Des activités humaines comme l'utilisation de combustibles fossiles viennent accroître l'effet de serre naturel de la Terre en faisant augmenter les concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre (chlorofluorocarbures, dioxyde de carbone, oxydes d'azote et méthane, p. ex.). Des modèles informatiques laissent supposer que les concentrations globales de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre pourraient doubler par rapport à celles des périodes pré-industrielles et ce, avant le milieu du siècle prochain, si aucune mesure majeure de réduction des émissions de gaz à effet de serre n'est prise (voir le chapitre 22 pour de plus amples informations sur le changement climatique).

Comment l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre pourrait-elle toucher les Prairies? D'après des estimations des changements résultant du doublement de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, telles que calculées par un modèle informatique (H. Hengeveld, Environnement Canada, communication personnelle), on assisterait notamment à une augmentation de la température moyenne (4,4 °C en été, 8,3 °C en hiver), à une diminution de l'humidité moyenne du sol (−12,7 % en été, −2,3 % en hiver) et à une modification des précipitations moyennes (−2,8 % en été, +12,1 % en hiver).

FIGURE 17.6

Effets des réservoirs sur les écoulements en aval : rivière Saskatchewan Sud, à Saskatoon

Après la construction du barrage Gardiner en 1968, le débit de la rivière a diminué en été et augmenté en hiver.



Source : Yuzyk, 1987.

D'autres modèles informatiques prévoient une diminution de l'humidité du sol, une augmentation de la fréquence et de la gravité des sécheresses, l'apparition d'une région semi-désertique dans le sud-ouest des Prairies et un déplacement vers le nord de la zone de prairies (Williams et collab., 1988; Zoltai, 1988; Rizzo et Wiken, 1989; Stewart, 1990). Il faut se rappeler que le niveau de confiance relatif aux estimations régionales du changement climatique est faible, notamment pour ce qui est des précipitations et de l'humidité du sol, qui sont des valeurs d'une importance capitale dans les Prairies (Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique, 1990). De plus, le rythme du changement peut avoir un impact encore plus important que le changement lui-même.

La modification des réseaux fluviaux

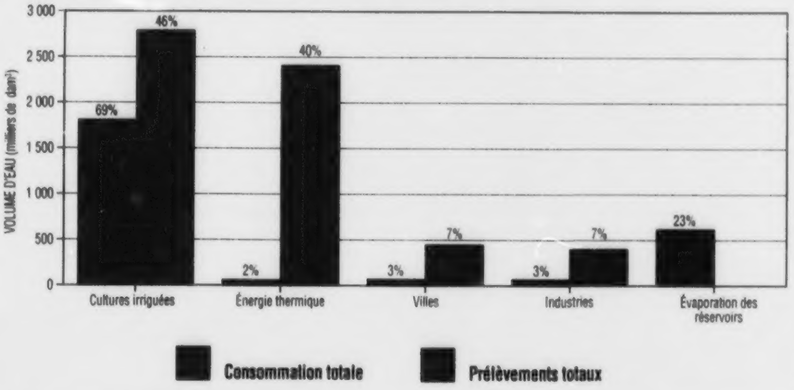
L'eau est l'élément vital de l'écozone des Prairies. Pour bien comprendre cette dernière, il est essentiel de saisir les façons dont les humains se sont adaptés à ses réserves en eau et les ont modifiées en fonction de leurs besoins.

Dans l'ensemble des provinces des Prairies, et plus particulièrement dans la région enherbée, les réseaux fluviaux ont été profondément modifiés et intensivement aménagés. Pour capter l'eau en prévision des périodes de sécheresse et pour prévenir les inondations pendant les périodes de débit de pointe, des réservoirs ont été aménagés sur presque tous les réseaux hydrographiques d'importance des Prairies. La Saskatchewan possède 53 % des 770 barrages des provinces des Prairies et 88 % de la capacité totale de retenue. En Alberta, ces chiffres sont respectivement de 40 % et 9 %, et au Manitoba, de 7 % et 3 % (Agriculture Canada, 1987). La figure 17.5 montre l'emplacement des barrages les plus importants de la région.

Une autre caractéristique de l'utilisation de l'eau dans les Prairies est le nombre d'étangs-réservoirs (trous rectangulaires creusés dans le sol, de 3 à 6 m de profondeur et d'une capacité de retenue de 2 000 à 12 000 m³ d'eau chacun), de puits et de petits barrages construits à des fins d'abreuvement du bétail, d'irrigation et d'usage agricole général. Les provinces des Prairies comptent environ 149 000 exploitations agricoles, et

FIGURE 17.7

Prélèvement et consommation d'eau (en milliers de décamètres cubes) dans les provinces des Prairies, 1986

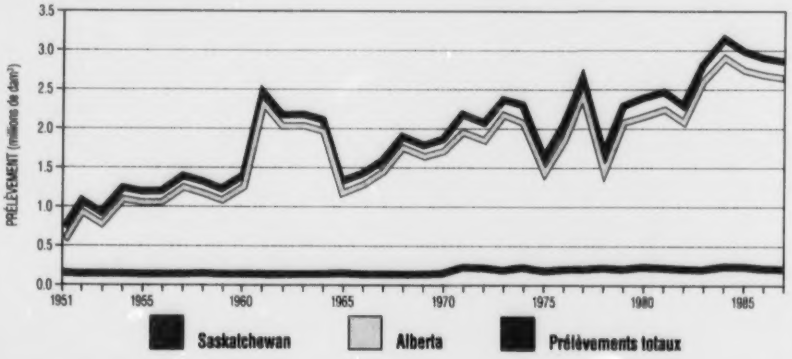


Source : Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada. Estimation établie à partir de données fournies par la Régie des eaux des provinces des Prairies.

FIGURE 17.8

Prélèvement total d'eau à des fins d'irrigation en Alberta et en Saskatchewan, 1951–1987

La plupart des cultures irriguées des Prairies se trouvent dans ces deux provinces.



Remarque : 1 dam³ = 1 décamètre cube = 1 000 m³.

Sources : Régie des eaux des provinces des Prairies, 1990, pour les données de 1951 à 1986; les données de 1987 nous ont été communiquées pour les fins du présent rapport par le même organisme.

plus de 110 000 étangs-réservoirs ont été aménagés sur des terres agricoles pour capter l'eau de ruissellement au printemps (Agriculture Canada, 1986). Pendant les années de sécheresse, seul un ruissellement printanier faible, parfois inexistant, alimente les petits barrages et les étangs-réservoirs. Les agriculteurs et les éleveurs sont donc obligés de pomper l'eau de sources plus fiables, comme les rivières et les lacs, pour remplir leurs étangs-réservoirs. Cette pratique est devenue un moyen de s'assurer d'une source plus sûre d'approvisionnement en eau à des fins agricoles.

Les régimes naturels de tous les principaux cours d'eau de la région des Prairies ont été modifiés par l'aménagement de réservoirs servant à la production d'énergie hydroélectrique et thermique, à des projets d'irrigation, à la protection contre les inondations, à la gestion de l'eau et au transfert d'eau entre bassins. Comment et dans quelle mesure un réservoir peut modifier l'écoulement en aval dépend de l'objectif pour lequel il a été aménagé. Les réservoirs des centrales hydroélectriques ont tendance à réduire les débits de pointe au printemps et à l'été et à augmenter les débits en hiver, ce qui est le cas de la rivière Saskatchewan Sud, à Saskatoon, depuis la construction du barrage Gardiner en 1968 (figure 17.6). De plus, la régularisation d'un cours d'eau à des fins d'aménagement hydroélectrique peut se traduire à court terme par une variabilité importante de l'écoulement. Ainsi, pour l'année 1979, le débit quotidien maximal de la rivière Kananaskis, en aval du barrage Barrier, en Alberta, a été de 28,8 m³/s le 19 mai. Le plus faible débit enregistré a été de 0,14 m³/s quatre jours plus tard (Environnement Canada, 1989*b*).

En été et en hiver, les réservoirs d'irrigation ont tendance à réduire les débits de pointe en aval. Si le district d'irrigation est situé le long d'une rivière, les débits d'été[2] peuvent augmenter parce que le ruissellement de la fonte des neiges est capté en vue de son utilisation ultérieure, lorsque le débit est faible. Les municipalités prélèvent de petites quantités d'eau pendant toute l'année, la demande étant plus forte en période estivale. L'effet combiné de ce captage et de ces prélèvements est une diminution du volume de l'écoulement annuel en fonction de la demande. L'écoulement annuel de la rivière Saskatchewan Sud, à Medicine Hat, peut diminuer de 50 % lors des années de faible débit,

[2] Lors de l'examen des tendances et de l'élaboration de plans de gestion des eaux, il faut faire la distinction entre le débit moyen et le débit de base. Là où la pluviosité est régulière et uniforme, les débits moyens et de base sont essentiellement les mêmes. Toutefois, comme le soulignent Foster et Sewell (1981), le débit auquel on peut vraiment s'attendre neuf ans sur dix dans les Prairies peut n'être que de 30 % de la moyenne à long terme. Les attentes des exploitants de systèmes d'irrigation, des gestionnaires des réseaux hydroélectriques et des planificateurs sont très différentes et les systèmes de retenue nécessaires seraient beaucoup plus importants s'ils étaient fondés sur les débits moyens plutôt que sur les débits de base. Toute tendance discernable des débits moyens à long terme peut avoir de l'importance, mais il faut également tenter de déterminer les tendances des débits de base.

principalement en raison des besoins d'irrigation (Lane et Sykes, 1982). Les réservoirs contribuent à la gestion de l'eau en assurant une alimentation en eau même en période de faible écoulement naturel, mais l'évaporation qui se produit dans les réservoirs des Prairies représente un prélèvement majeur d'une ressource rare.

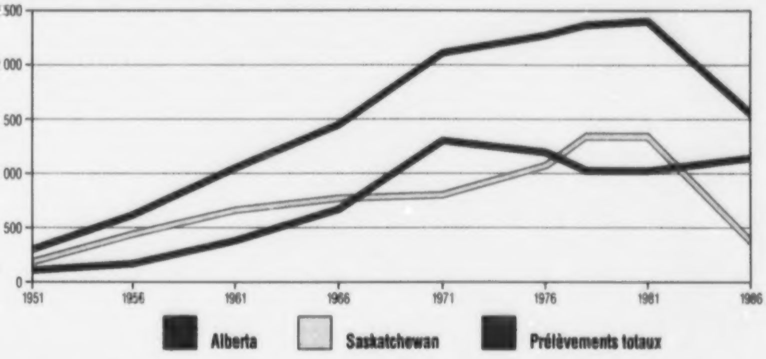
Les réservoirs peuvent modérer les variations extrêmes des concentrations de nombreux sels dissous et renouveler, en période de faible débit, l'oxygène dissous. Certains réservoirs, en raison de l'origine de leurs eaux, de leurs caractéristiques de fonctionnement, de leur type de construction et de leurs dimensions, peuvent fournir une eau à faible teneur en oxygène (conditions anaérobies) et à forte teneur en éléments nutritifs et en biomasse. Les régimes thermiques des tronçons d'aval des rivières changent avec la régularisation de l'écoulement, et un réchauffement précoce peut favoriser une croissance biologique plus tôt au printemps. C'est ce qui risque de se produire dans la rivière Souris, au Manitoba, lorsque le régime d'écoulement sera modifié par les réservoirs Rafferty–Alameda et les ouvrages hydrologiques connexes (Environnement Canada, 1989*a*).

Les réservoirs améliorent la limpidité de l'eau en aval mais ils éliminent aussi les sédiments des écosystèmes deltaïques situés également en aval. Depuis la construction du barrage E.B. Campbell (sur la rivière Saskatchewan, au lac Tobin) et du barrage Gardiner (sur la rivière Saskatchewan Sud, au lac Diefenbaker), l'apport de sédiments en suspension dans le delta Cumberland, au Manitoba, a diminué d'environ 90 %. Avec l'aménagement des réservoirs Rafferty–Alameda dans le sud-est de la Saskatchewan, les sédiments seraient effectivement piégés, ce qui pourrait avoir pour résultat une charge réduite de phosphore et une diminution du transport des pesticides vers l'aval par les sédiments (Environnement Canada, 1989*a*).

Les réservoirs peuvent devenir des pièges pour les sédiments contaminés. Le lac Tobin emprisonne des particules et des polluants associés venant des usines de pâte, des pesticides utilisés en agriculture et d'autres substances liées à l'urbanisation et à l'industrialisation des régions situées en amont (Warwick et Tisdale, 1988). La sédimentation peut avoir des incidences néfastes sur les frayères. Le mercure des sédiments des lacs et des réservoirs peut pénétrer dans la chaîne alimentaire aquatique par suite d'une action microbienne dans la matière organique inondée en décomposition. Ce processus naturel est accéléré dans les nouveaux réservoirs. Le mercure s'accumule dans le poisson et peut le rendre impropre à la consommation humaine. La teneur en mercure du poisson s'est récemment améliorée dans un certain nombre de masses d'eau (p. ex., le réservoir Cookson, la rivière Saskatchewan Nord et le lac Tobin)

FIGURE 17.9

Prélèvements d'eau par les centrales thermiques des provinces des Prairies, 1951–1986

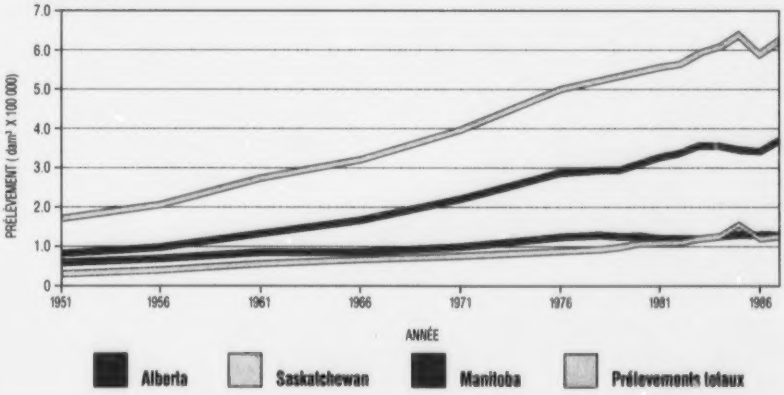


Remarque : 1 dam³ = 1 décamètre cube = 1 000 m³. Les prélèvements effectuées au Manitoba ne figurent pas, étant très faibles par rapport à ceux de l'Alberta et de la Saskatchewan.

Source : Données fournies par la Régie des eaux des provinces des Prairies et Environnement Canada.

FIGURE 17.10

Prélèvements d'eau par les villes des provinces des Prairies, 1951–1987



Remarque : 1 dam³ = 1 décamètre cube = 1 000 m³.

Sources : Régie des eaux des provinces des Prairies, 1990, pour les données de 1951 à 1986; les données de 1987 nous ont été communiquées pour les fins du présent rapport par le même organisme.

TABLEAU 17.3

Utilisation des principaux cours d'eau de la région des Prairies

Bassin fluvial	Villes	Agriculture (irrigation)	Énergie		Industrie
			Hydroélectrique	Thermique	
Rivière Saskatchewan Nord	****	*	****	****	****
Rivière Oldman	***	****	*	*	**
Rivière Bow	****	****	****	*	****
Rivière Red Deer	**	****	*	**	**
Rivière Saskatchewan Sud	****	****	****	**	***
Rivière Battle	*	*	—	****	*
Rivière Souris	****	*	—	****	*
Rivière Missouri	*	***	*	**	*
Rivière Qu'Appelle	****	**	—	—	***
Rivière Rouge	*	*	—	*	***
Rivière Assiniboine	*	[illegible]	—	**	*

Remarque : Les utilisations récréatives ne sont pas incluses en raison de la multiplicité et de l'étendue de leurs caractéristiques.

* Utilisation de l'eau relativement négligeable. **** Utilisation de l'eau importante. — Aucune utilisation.

Source : Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

même si des directives sur la consommation du poisson sont toujours en vigueur dans de nombreuses régions.

Les réservoirs entraînent le remplacement du milieu riverain naturel par un vaste environnement aquatique variable et ils provoquent des modifications cycliques de la limite entre la rivière et le réservoir. La flore et la faune qui s'étaient adaptées aux conditions naturelles du milieu riverain doivent alors s'adapter à un nouvel environnement ou périr.

Les impacts environnementaux de l'aménagement des réservoirs sont reconnus. Le public a manifesté son intérêt dans l'évaluation des répercussions de projets comme les barrages Rafferty–Alameda dans le sud-est de la Saskatchewan et Oldman dans le sud de l'Alberta.

Les prélèvements d'eau

L'agriculture est l'activité humaine qui influe le plus sur les ressources hydriques de la région. Dans certaines parties des Prairies, l'agriculture ne peut être pratiquée que grâce à l'irrigation. L'irrigation constitue 46 % de l'ensemble des prélèvements d'eau (figure 17.7), même si seulement 6 600 km^2 (2,4 % des terres agricoles améliorées) sont irrigués. Un autre 40 % de la quantité totale d'eau prélevée dans les provinces des Prairies est attribuable à la production d'énergie thermique (6 050 000 dam^3)[3]. Même si le total des prélèvements d'eau par les villes et l'industrie manufacturière n'est pas aussi important (environ 14 %), ces utilisations ont des effets très importants sur la qualité de l'eau restituée.

L'irrigation domine toutes les autres utilisations de l'eau : elle représente 69 % de la consommation totale dans les provinces des Prairies (2 630 000 dam^3). En moyenne, environ 25 % des prélèvements d'eau à des fins d'irrigation retournent aux eaux de surface. À titre de comparaison, mentionnons que les centrales thermiques prélèvent d'importantes quantités d'eau, principalement à des fins de refroidissement, mais retournent environ 98 % de cette quantité aux eaux de surface. L'évaporation des réservoirs, où l'eau est emmagasinée à des fins d'irrigation et de production d'énergie principalement, représente 23 % de l'eau consommée. Les autres secteurs (villes et industries) consomment très peu d'eau (6 %).

[3] 1 dam^3 = 1 décamètre cube = 1 000 m^3.

Depuis 1951, la superficie totale irriguée a augmenté de plus de 400 %. La plupart des terres agricoles irriguées se trouvent en Alberta et en Saskatchewan. Le territoire desservi par des services d'irrigation privés a augmenté d'environ 800 % pendant cette période et à un rythme beaucoup plus rapide que celui desservi par des ouvrages de district (ouvrages aménagés dans des districts organisés exploitant des réserves d'eau communes). En 1986, les services d'irrigation privés desservaient environ 30 % de la superficie totale irriguée (Régie des eaux des provinces des Prairies, 1990).

L'eau utilisée à des fins d'irrigation a énormément augmenté de 1951 à 1987, notamment en Alberta (figure 17.8), mais les volumes ont fluctué de façon significative d'une année à l'autre en fonction des précipitations surtout. Règle générale, lorsque les précipitations sont abondantes pendant la saison de croissance, la demande d'irrigation est faible. Les données sur le Manitoba n'apparaissent pas à la figure 17.8, l'irrigation étant négligeable dans cette province comparativement à l'Alberta et à la Saskatchewan.

L'utilisation de l'eau d'irrigation a considérablement changé depuis les débuts de l'irrigation dans les Prairies, au tournant du siècle. La plupart des projets ont toujours été irrigués par les crues printanières ou par un réseau de digues ou de fossés de surface dont l'eau était directement détournée de cours d'eau. Les systèmes d'irrigation par aspersion sont maintenant plus répandus, car ils sont plus efficaces, exigent moins de main-d'œuvre et ne nécessitent pas un profilage des champs. L'adoption de ces systèmes se traduit par une modification de la demande, qui se répartit sur tout l'été plutôt que d'être concentrée principalement au printemps. Il a donc fallu construire des ouvrages de retenue, particulièrement là où les projets sont approvisionnés par des cours d'eau intermittents. Ces ouvrages permettent également une utilisation plus efficace de l'eau, l'écoulement restitué étant généralement moins important.

Depuis 1951, la capacité de production d'énergie hydroélectrique et thermique du bassin de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson a augmenté de plus de 1 500 %. Pendant cette même période, le nombre des centrales est passé de 26 à 40 (Régie des eaux des provinces des Prairies, 1990). La majeure partie de l'énergie hydroélectrique (78 %) est produite au Manitoba, en aval de la région des Prairies, sur la rivière Saskatchewan et le fleuve Nelson. L'énergie thermique est principalement produite en Alberta, où l'utilisation de l'eau par les centrales à des fins de refroidissement surtout a augmenté de plus de 900 % depuis 1951 (figure 17.9). Presque chaque goutte d'eau des réseaux fluviaux Saskatchewan–Nelson et Missouri qui ne s'évapore pas ou qui n'est pas consommée passera par au moins l'une des centrales hydroélectriques.

Des demandes en eau viennent également de l'urbanisation, mais elles sont modestes en comparaison de celles de l'agriculture et de la production d'énergie thermique. Le climat rigoureux et en grande partie semi-aride de la région des Prairies a été et continue d'être un facteur prépondérant influant sur le mode d'utilisation des terres. De vastes régions des Prairies n'ont pas facilement accès aux réseaux fluviaux alimentés par les montagnes qui fournissent un approvisionnement fiable en eau de qualité. Dans bon nombre de ces régions, l'approvisionnement en eau provenant de cours d'eau des prairies et des nappes souterraines n'est ni fiable ni de bonne qualité.

Près du tiers de la population des provinces des Prairies, surtout celle des milieux ruraux, est tributaire des nappes d'eau souterraines pour son approvisionnement. Un grand nombre d'utilisateurs doivent recourir aux nappes d'eau souterraines, mais les quantités réelles prélevées sont relativement faibles. Ainsi, dans le bassin de la rivière Saskatchewan Sud, en Saskatchewan, l'exploitation des nappes d'eau souterraines représente environ 23 000 dam³ par année (Comité d'étude du bassin de la rivière Saskatchewan Sud, 1988), en comparaison des quelques 900 000 dam³ des autres eaux du bassin dont l'exploitation est autorisée. Le niveau actuel d'exploitation des eaux souterraines dans ce bassin est très inférieur au rendement annuel estimatif de 450 000 dam³. Un nombre relativement restreint de projets d'irrigation sont tributaires des nappes souterraines.

La région a une forte orientation rurale, mais sa population a rapidement abandonné la campagne pour s'établir dans des grands et petits centres urbains. En 1951, les résidants en milieu rural constituaient 53 % de la population, pourcentage qui n'est plus maintenant que de 27 %. Cette intensification de l'urbanisation s'est accompagnée d'une tendance généralement à la hausse de l'utilisation de l'eau dans les villes, comme il est indiqué à la figure 17.10. La principale répercussion de cette hausse est la nécessité de traiter l'eau avant et après son utilisation. Le tableau 17.3 présente un aperçu de la gamme d'utilisations des principaux cours d'eau des Prairies.

TABLEAU 17.4

Principaux facteurs influant sur la qualité de l'eau

	Facteurs influant sur la qualité de l'eau						
Bassin fluvial	**Pollution diffuse**	**Utilisation de pesticides**	**Irrigation**	**Bétail**	**Effluents municipaux**	**Effluents industriels**	**Régularisation du débit**
Assiniboine	■	—		•	■	•	■
Battle	■	—		•	■		■
Bow	■	—	■	•	■	■	■
Saskatchewan Nord	—	—		•	■	■	•
Oldman	•	—	■	•	■	•	■
Missouri	•	—	•	•			■
Qu'Appelle	■	—	■	•	—	•	■
Red Deer (Alberta)	•	—	•	•	•		■
Rouge	■	—	•	•	■	•	—
Saskatchewan	•	—		•	•	•	■
Souris	—	—	•	•	■	■	■
Saskatchewan Sud	—	—	■	•	■	•	■

Légende

	Évaluation qualitative	
Ce facteur a :	**À l'échelle locale**	**À l'échelle du bassin**
Une influence majeure connue	■	■
Une influence mineure connue	•	—
Une influence majeure potentielle	■	■
Une influence mineure potentielle	•	—
N'a aucune influence significative		

Exemple

■ : On sait que des rejets d'eaux usées municipales dans le bassin fluvial de la rivière Assiniboine ont une influence majeure sur la qualité de l'eau de l'ensemble du bassin.

Source: Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

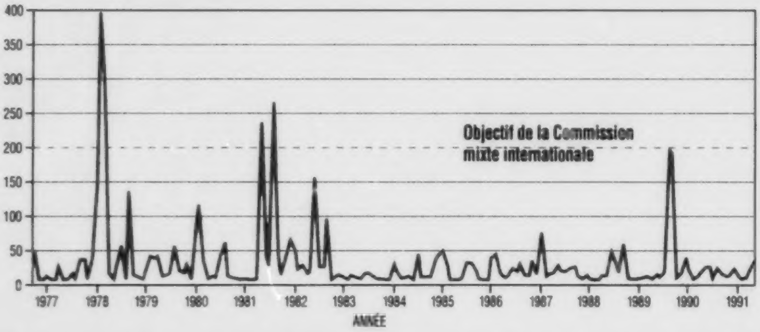
FIGURE 17.11

Tronçons de rivières présentant des problèmes d'enrichissement en éléments nutritifs dans la région des Prairies

Source : Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

FIGURE 17.12

Variabilité des numérations de coliformes fécaux dans la rivière Rouge, à la frontière internationale du Manitoba, 1976–1991



Source : International Red River Pollution Board, 1990; données de 1991 fournies par la Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

La dégradation de la qualité de l'eau

Les activités agricoles, urbaines et industrielles sont les principaux facteurs anthropiques influant sur la qualité de l'eau des Prairies (tableau 17.4). Les effets sont complexes et souvent modifiés par la dominance de phénomènes naturels, mais le résultat final — comme l'eutrophisation, des concentrations accrues de produits chimiques toxiques et des numérations plus élevées de coliformes fécaux — est la somme de gestes et de choix individuels.

Les activités agricoles

Dans les Prairies, l'agriculture conventionnelle repose en grande partie sur les produits chimiques dans la lutte contre les ravageurs. Le degré de risque d'un pesticide donné pour l'environnement est fonction de sa rémanence (capacité de rester sous une forme toxique dans l'environnement), des doses utilisées et de la fréquence de l'épandage, de la mobilité du produit (degré de rétention par les particules du sol, solubilité dans l'eau et volatilité dans l'air), de sa capacité de s'accumuler chez les êtres vivants (bioaccumulation) et de sa tendance à être toxique pour les espèces non cibles (voir le chapitre 9). La plupart des pesticides, y compris les herbicides et les insecticides, se décomposent rapidement ou restent dans le sol, mais certains gagnent des lacs et des cours d'eau par suite du ruissellement, de l'érosion, d'un déversement et de la dérive aérienne.

De 1984 à 1987, les ventes totales de pesticides dans les provinces des Prairies ont diminué, passant de 27 440 à 21 105 t. Règle générale, l'utilisation des pesticides dans les Prairies est stable, et les fortes fluctuations annuelles du volume des ventes ne s'appliquent qu'à quelques rares pesticides et sont attribuables à des facteurs économiques agricoles, à la concurrence entre les fournisseurs et à des variations des populations de ravageurs (Constable et Bharadia, 1990).

L'utilisation d'herbicides est une question importante dans cette région, car les trois provinces des Prairies en utilisent plus que le reste du Canada (Constable et Bharadia, 1990). Ce fait n'a rien d'étonnant puisque plus des trois quarts des terres cultivées au Canada se trouvent dans les provinces des Prairies. Soixante-six pour cent de l'herbicide 2,4-D et 80 % de tout le MCPA vendus au Canada sont utilisés dans les provinces des Prairies. Des résidus du 2,4-D sont détectés à l'occasion dans les eaux de surface. La fréquence de détection du 2,4,5-T a diminué depuis 1979 par suite d'une moins grande utilisation de ce produit et d'une réglementation plus sévère. Des concentrations mesurables des herbicides triallate, trifluralin, MCPA, diclofop-méthyl, dicamba, glyphosate, atrazine, picloram et bromoxynil sont observées à l'occasion.

L'utilisation d'insecticides organochlorés (famille de composés du DDT) est interdite depuis longtemps, sauf

dans le cas du lindane, qui continue d'être largement utilisé dans la lutte contre l'altise (coléoptère). Le lindane est toujours détecté sur une vaste échelle (Integrated Environments Ltd., 1989) et aussi fréquemment dans les eaux régionales qu'au début des années 1970 (Gummer, 1979). De faibles concentrations de composés organochlorés ont également été détectées chez plusieurs espèces de poisson (Beck, 1986).

Les pratiques agricoles évoluent sous l'influence de facteurs économiques (marchés), d'exigences en matière de conservation des sols et de l'eau et de préoccupations environnementales. Le rôle des herbicides et des insecticides changera en conséquence. Ainsi, l'utilisation d'herbicides pourrait augmenter là où le travail du sol est réduit ou remplacé par la mise en jachère. Il faudra soupeser avec soin les avantages découlant d'une diminution de l'érosion causée par le vent et l'eau et la perte de matière organique par rapport aux répercussions environnementales de l'utilisation accrue d'herbicides.

Les effets chroniques et à long terme d'une exposition permanente des organismes aquatiques et des humains à de faibles concentrations des pesticides (p. ex., le lindane et le 2,4-D) présents dans la plupart des réseaux fluviaux des Prairies ne sont pas encore totalement prouvés sur le plan scientifique. La majorité de la nouvelle génération de pesticides se décomposent rapidement dans l'environnement et donnent des sous-produits moins toxiques (Wong et collab., 1989), mais certains insecticides organophosphorés comme le malathion, le diméthoate, le parathion et le méthylparathion, peuvent être plus toxiques pour les organismes aquatiques (Hauck, 1990). Les concentrations des résidus de pesticides qui persistent dans les eaux des Prairies sont inférieures à celles jugées toxiques pour les organismes aquatiques et les humains.

Les engrais, dont les principaux ingrédients sont le phosphore et l'azote, sont utilisés en agriculture conventionnelle pour remplacer les éléments nutritifs des plantes éliminés par la récolte (les changements survenus de 1971 à 1986 dans l'utilisation d'engrais dans les provinces des Prairies sont indiqués au chapitre 9). Ils peuvent être entraînés par l'eau de ruissellement des terres agricoles jusque dans les lacs et les cours d'eau, notamment après de gros orages. En tant que sources diffuses de pollution, de tels phénomènes peuvent avoir des incidences sur la lutte contre l'eutrophisation dans le cadre des stratégies de gestion des bassins. La contamination des eaux de surface par les engrais est moins préoccupante que la contamination des eaux souterraines. Le surplus d'azote, principalement des composés de nitrates, traverse rapidement la zone d'enracinement et pénètre dans les aquifères peu profonds. De mauvaises méthodes d'irrigation peuvent aggraver cette situation en faisant pénétrer les nitrates plus profondément dans le sol. Dans les régions où l'on a recours à des engrais (p. ex., dans le sud-ouest du Manitoba) et à l'irrigation (p. ex., dans le sud-est de l'Alberta) de façon intensive, les teneurs en azote — sous forme de nitrate — des eaux souterraines avoisinent et dépassent parfois la directive canadienne sur la qualité de l'eau potable de 10 ppm (W. Nicholaichuk, Environnement Canada, communication personnelle). Par contre, le phosphore se lie à des particules du sol et n'a pas tendance à migrer dans le sol, sauf dans des cas inhabituels. Il atteint toutefois les réseaux fluviaux en raison du mouvement des particules du sol provoqué par l'érosion.

Le drainage et l'infiltration de l'eau d'irrigation, les eaux usées traitées des villes et le ruissellement urbain accroissent les teneurs en sel des eaux réceptrices. Depuis quelques années, des améliorations considérables ont été apportées aux méthodes d'irrigation, notamment l'utilisation à grande échelle du drainage par canalisations enterrées, de meilleures méthodes de conservation de l'eau ainsi que des systèmes d'adduction et des unités d'irrigation plus efficaces. Ces améliorations, conjuguées au captage de l'écoulement restitué à des fins de réutilisation, comme dans le cadre du projet de Canards Illimités Canada au lac Luck, en Saskatchewan, ont contribué à la protection de la qualité de l'eau dans les principaux tronçons des réseaux fluviaux. Une augmentation de 2 ppm par année des teneurs en sel observée dans la rivière Bow, près de son embouchure, est en partie attribuable à l'effet de l'écoulement restitué (HydroQual Consultants Inc., 1986). Des analyses statistiques des tendances à long terme révèlent que les matières solides dissoutes dans les rivières Rouge, Souris, Oldman et Saskatchewan Sud n'ont que légèrement augmenté. Malgré l'amélioration des méthodes d'irrigation, une irrigation à plus grande échelle peut avoir des effets cumulatifs et les augmentations des teneurs en sel pourraient être plus importantes à l'avenir.

Les particules de sol des champs agricoles peuvent être charriées par l'érosion éolienne et hydrique dans les voies d'eau et créer des problèmes environnementaux comme l'envasement et réduire ainsi la capacité d'écoulement des chenaux, dégrader les habitats aquatiques et les frayères, provoquer une prolifération excessive de la végétation aquatique, faire augmenter les concentrations de métaux lourds, de pesticides et autres composés toxiques et réduire la valeur récréative de ces cours d'eau.

L'élevage du bétail peut avoir des effets importants sur la qualité de l'eau à l'échelle locale en raison de la présence de virus, de bactéries et d'une grande quantité d'éléments nutritifs dans le ruissellement ou les eaux d'infiltration souterraines, de même que de l'augmentation de la teneur en sédiments. Il est possible de minimiser ces effets en veillant à tenir les bovins des grands pâturages et les parcs d'engraissement à distance des réseaux de drainage directs.

Les centres urbains

Les villes ont un effet néfaste sur la qualité de l'eau des rivières qui reçoivent leurs effluents d'eau d'égout et le ruissellement urbain non traité. Les effluents d'eau d'égout renferment d'importantes quantités d'éléments nutritifs qui accélèrent l'eutrophisation

des rivières. Il est tout aussi important de comprendre et de réduire l'enrichissement des eaux des Prairies par des éléments nutritifs que la contamination par les pesticides (figure 17.11).

Ironie du sort, l'enrichissement par des éléments nutritifs peut quelquefois être avantageux pour l'industrie de la pêche. Ainsi, la pêche est beaucoup plus productive en aval qu'en amont de Calgary. La pêche sportive sur la rivière Bow, en aval de Calgary, procure chaque année à l'Alberta des avantages économiques directs de 4 millions de dollars et des avantages économiques indirects de 11 millions de dollars (Ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta, 1988).

La réduction des teneurs en phosphore des effluents constitue une bonne stratégie de gestion pour lutter contre l'enrichissement des eaux réceptrices, mais elle n'entraîne pas toujours une diminution de la croissance végétale. Les algues et les plantes enracinées étant des composantes naturelles de tous les écosystèmes aquatiques, il ne faut pas s'attendre que la qualité de l'eau s'améliore de façon instantanée après un traitement. Ainsi, l'élimination du phosphore à Calgary après 1983 s'est traduite par une réduction de 70 % de la teneur en phosphore de la rivière Bow, mais seule une légère diminution de la croissance végétale dans la rivière a été relevée jusqu'ici (Cross et collab., 1984; Charlton et Bayne, 1986; Chambers et collab., 1989). À l'instar de Calgary, Regina a diminué de 80 % son apport en phosphore dans les lacs Qu'Appelle, mais les algues et les mauvaises herbes continuent d'y proliférer.

Les effluents d'eau d'égout peuvent également provoquer une détérioration de la qualité bactériologique d'un cours d'eau. La qualité bactériologique de certains réseaux hydrographiques des Prairies s'est beaucoup améliorée grâce à un meilleur traitement des eaux usées. Ainsi, à la frontière internationale de la rivière Rouge, au Manitoba, des améliorations permanentes (figure17.12) sont observées depuis le début des années 1970, époque à laquelle les numérations de coliformes fécaux outrepassaient les objectifs de la qualité de l'eau. Les systèmes d'épuration des villes ont été améliorés dans la portion américaine du bassin pour satisfaire aux objectifs de qualité de l'eau. Au Canada, la ville de Winnipeg continue d'être une source de dégradation importante de la qualité bactériologique des eaux jusqu'à la ville de Selkirk située à 30 km en aval.

Un traitement insuffisant des effluents urbains peut avoir des effets dommageables sur le potentiel récréatif des eaux de surface. Dans la rivière Rouge, en aval de Winnipeg, les numérations de coliformes fécaux dépassent souvent la directive de 200 par 100 mL pour les eaux utilisées à des fins récréatives. Il n'est pas recommandé de pratiquer des activités aquatiques qui entraînent un contact direct avec l'eau immédiatement en aval de grandes villes comme Edmonton, Calgary, Saskatoon et Regina en raison de problèmes éventuels de peau et autres. La surcharge de l'usine d'épuration de Banff, durant l'été 1989, a engendré un risque pour la santé des personnes qui pratiquent des activités récréatives sur la rivière Bow (H. Block, Environnement Canada, communication personnelle). Le Service canadien des parcs a pris des mesures d'atténuation et une nouvelle usine d'épuration, qui était en construction à l'époque, est entrée en service plusieurs mois plus tard.

Les humains produisent de grandes quantités de déchets. Traditionnellement, les décharges ont servi à l'élimination des déchets, et celles situées près de masses d'eau souterraines ou superficielles menacent l'environnement aquatique. Au début des années 1980, dans le cadre d'un programme national, Environnement Canada a mis sur pied, en collaboration avec chacune des provinces, un projet visant à faire l'inventaire des décharges. À ce moment-là, les provinces des Prairies en comptaient 3 236, dont 2 193 étaient actives et 1 043, inactives. La répartition provinciale des décharges actives et des décharges inactives, respectivement, était la suivante : 705 et 447 en Alberta, 958 et 366 en Saskatchewan, 530 et 230 au Manitoba (I.D. Systems Ltd., 1982; MacLaren Plansearch, 1982; Dillon Consulting Engineers and Planners, 1983). Dans les trois provinces, il s'agissait la plupart du temps de décharges municipales. Les décharges industrielles sont moins nombreuses, mais elles présentent un intérêt particulier parce qu'elles peuvent menacer la santé et l'environnement en raison de la nature généralement plus toxique des déchets qui y sont éliminés.

Les activités industrielles

Les différentes industries ont des effets surtout localisés sur la qualité de l'eau, mais ceux-ci sont moins importants que les effets des activités agricoles et municipales. Nous ne connaissons pas l'impact cumulatif de l'ensemble des industries sur la qualité de l'eau.

L'industrie pétrolière et gazière est présente dans chacune des trois provinces des Prairies, la majeure partie de la production se faisant en Alberta et en Saskatchewan. Les installations pétrochimiques sont situées en Alberta et en Saskatchewan et sont associées à l'industrie pétrolière et gazière. Ce secteur comprend les raffineries de pétrole, les installations de traitement des huiles lourdes et les industries secondaires fabriquant des produits pétrochimiques.

Ces industries engendrent des volumes considérables d'eau contaminée, dont la majeure partie est retournée vers les formations souterraines par injection en puits profonds. On poursuit les recherches et la surveillance pour s'assurer que l'approvisionnement en eau souterraine et de surface n'est pas menacé. De plus, des règlements fédéraux s'appliquent aux rejets d'huiles et de graisses, de matières solides totales en suspension, de phénols, de sulfures et d'ammoniac par les raffineries. De 1982 à 1988, les charges annuelles combinées de ces raffineries ont été plus élevées en 1988 pour toutes ces substances, sauf l'ammoniac et les sulfures (Environnement Canada, 1989*d*); ces charges plus élevées sont attribuables à la mise en service de deux nouvelles raffine-

ries. Les substances présentes dans les effluents liquides de ces raffineries sont restées conformes aux règlements fédéraux relatifs aux émissions mensuelles moyennes depuis 1982. Outre les rejets dans les effluents liquides, les sables et les boues à teneur en huile ont toujours été épandus sur les routes et autour des têtes de puits. Les volumes importants de ce type de rejet et les préoccupations touchant leur potentiel de contamination des cours d'eau, des rivières et des lacs locaux ont encouragé la mise à l'essai de solutions de rechange, comme l'épandage des boues sur le sol et la récupération de l'huile des boues usées.

Les problèmes majeurs de contamination de l'eau d'origine industrielle, survenus dans les Prairies à la fin des années 1980, sont reliés aux sites industriels abandonnés (O'Connor Associates Environmental Inc., 1989). Ainsi, à Calgary, on se préoccupe toujours du lessivage des produits de préservation du bois et autres contaminants organiques dans la rivière Bow et les nappes souterraines. De coûteuses mesures correctives ont été mises en œuvre pour décontaminer le terrain et régler le problème (Golder Associates, 1990).

Dans les Prairies, l'électricité est produite à partir de centrales hydroélectriques ou alimentées aux combustibles fossiles. Ces deux types de production d'énergie exigent des réservoirs d'eau qui ont des impacts tant positifs que négatifs sur l'environnement, comme nous en avons parlé précédemment dans le présent chapitre.

Les préoccupations environnementales liées à l'exploitation minière de la potasse portent principalement sur les terrils (déblais miniers). Le sel gemme, un sous-produit indésirable, est empilé près des mines. Il peut s'infiltrer dans les eaux de surface et les eaux souterraines ou être emporté par le vent (Kupsch, 1984). Des mesures d'atténuation ont été prises pour régler ces problèmes. Le chapitre 14 examine de façon plus détaillée les activités industrielles.

TABLEAU 17.A

Utilisations influencées par la qualité actuelle de l'eau

	Utilisations influencées par la qualité actuelle de l'eau					
Bassin fluvial	**Loisirs**	**Approvisionnement en eau potable**	**Pêche**	**Irrigation**	**Abreuvement du bétail**	**Eau de refroidissement**
Assiniboine	■	■	■	●	●	
Battle	●	—	■		●	●
Bow	■	—	●			
Saskatchewan Nord	■	—	■			
Oldman	●	●	●	●		
Missouri	●	●	●	■		
Qu'Appelle	■	■	■	■	●	●
Red Deer (Alberta)	●	●	●			
Rouge	■	■	■		●	●
Saskatchewan	■	●	■		●	
Souris	■	■	■	■	—	●
Saskatchewan Sud	●	■	—	●	●	

Légende

	Évaluation qualitative	
Ce facteur est :	**À l'échelle locale**	**À l'échelle du bassin**
Une préoccupation majeure connue	■	■
Une préoccupation mineure connue	●	—
Une préoccupation majeure potentielle	■	■
Une préoccupation mineure potentielle	●	—
N'est pas préoccupant		

Exemple

■ : On sait que la qualité de l'eau et ses effets sur le poisson sont une préoccupation majeure à l'échelle du bassin de la rivière Assiniboine.

Source : Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

Les inondations et les sécheresses

Dans les Prairies, les débits de crue sont fréquents et imprévisibles, d'où la difficulté de prévoir les débits des cours d'eau. Les inondations sont généralement provoquées par un ou plusieurs phénomènes naturels, comme une fonte rapide des neiges, un embâcle ou une averse intense. Les activités humaines comme l'urbanisation et le drainage agricole peuvent modifier énormément les débits de pointe de crue, notamment dans les petits bassins hydrographiques.

De graves inondations peuvent toucher des collectivités entières des Prairies. Des inondations printanières annuelles de courte durée peuvent être avantageuses pour la culture fourragère et la création et l'entretien d'habitats riverains. Toutefois, de graves inondations peuvent causer des dommages matériels importants et entraîner des pertes de vies.

Les crues de la rivière Rouge ont une importance particulière, car elles peuvent toucher de vastes régions de cette vallée fluviale ainsi que la ville de Winnipeg. En 1950, quelque 8 200 maisons et 1 600 km^2 de terres ont été inondées et plus de 65 000 personnes ont dû être évacuées (Royal Commission on Flood Cost Benefit, 1958).

La construction de l'évacuateur de crues de la rivière Rouge près de Winnipeg, la dérivation de la rivière Assiniboine vers le lac Manitoba et l'aménagement de digues dans de nombreuses collectivités de la vallée fluviale de la Rouge ont considérablement atténué les risques d'inondation des régions urbaines, quoique l'inondation des terres agricoles soit encore fréquente.

Les cours d'eau des Prairies connaissent régulièrement des périodes de faibles débits. Certains ne s'écoulent qu'au printemps, tandis que d'autres, alimentés par l'eau emmagasinée dans des lacs, des réservoirs et des nappes d'eau souterraines, s'écoulent à l'année. Des sécheresses à grande échelle ont été signalées dans les Prairies au cours des années 1880, au début des années 1890, pendant les années 1930, au début des années 1960, en 1976–1977 et pendant les années 1980. La rivière Bow, qui sert d'indicateur du ruissellement des Rocheuses, a reçu un ruissellement moyen à long terme (75 ans) inférieur pendant 8 des 10 dernières années et 14 des 20 dernières années (Environnement Canada, 1989*b*).

La sécheresse peut avoir un grave impact à l'échelle locale, régionale ou nationale. Par exemple, les pertes causées par la sécheresse de 1984–1985 à l'économie canadienne (réduction du produit intérieur brut) sont évaluées à 1,1 milliard de dollars (Fautley et collab., 1986), ce qui représente environ deux fois les pertes annuelles causées par la dégradation des sols attribuable à de mauvaises pratiques culturales. Au Manitoba, la diminution des exportations et l'augmentation des coûts d'exploitation des centrales hydroélectriques provoquées par la sécheresse de 1988 sont évaluées à près de 100 millions de dollars.

Des périodes prolongées de faible débit dans les cours d'eau des Prairies ont des incidences graves sur l'élimination des déchets liquides et l'approvisionnement en eau des municipalités, des industries et des services d'irrigation. Les effets de ces périodes sont atténués dans une certaine mesure par la construction de réservoirs de stockage, le pompage des eaux de surface vers les régions qui en ont le plus besoin et le prélèvement d'eau des nappes souterraines.

LA RÉACTION DE LA SOCIÉTÉ

La société est de plus en plus sensibilisée à l'importance d'un environnement sain, tant du point de vue économique que sur le plan de la qualité de la vie. La dégradation de la qualité des sols, de l'eau et de l'air, les préoccupations entourant la disponibilité de l'eau et le souci de préserver les milieux humides et les prairies naturelles sont autant de signes et d'indicateurs de changement. Il faut continuer d'être vigilants et adopter des mesures de gestion des ressources afin de protéger nos prairies et le patrimoine naturel de la région pour les générations à venir.

La conservation des terres et des espèces sauvages

Depuis quelques années, la société a pris de plus en plus conscience des valeurs sociales, économiques et intrinsèques des écosystèmes de prairies naturelles. C'est pourquoi de nombreux programmes de conservation, d'atténuation et de protection ont été mis en œuvre ou sont actuellement à l'étude dans la région des Prairies canadiennes.

Afin de préserver et de protéger les espèces et les écosystèmes, un réseau d'aires protégées a été créé dans tout le Canada (voir le chapitre 7). Ces aires servent à diverses fins, dont la préservation des habitats, de la flore, de la faune et de l'intégrité des écosystèmes, la sensibilisation du public, le tourisme et les loisirs. Dans les Prairies canadiennes, la protection des habitats et des écosystèmes qui restent est d'une importance capitale (Fonds mondial pour la nature Canada, 1988).

La conservation de la région des Prairies, qui fait l'objet d'un plan d'action, constitue une grande préoccupation. À l'heure actuelle, moins de 5 % des prairies sont protégées, ce qui comprend le parc national des Prairies, qui en est encore à un stade préliminaire (acquisition des terres). Ce parc est situé dans une prairie mixte en Saskatchewan et devrait comporter deux blocs distincts d'une superficie totale de 900 km^2 environ. Cette région, qui abrite de nombreuses espèces des prairies, est la seule où l'on trouve encore au Canada le chien de prairie et serait l'un des rares habitats appropriés à la réintroduction du putois d'Amérique. Les habitats pastoraux les plus étendus et relativement peu perturbés se trouvent toutefois dans trois bases militaires, celles de Suffield (prairie mixte) et de Wainwright (prairie-parc), en Alberta, et de Shilo (prairie-parc), au Manitoba (Fonds mondial pour la nature Canada, 1988) (voir le chapitre 7).

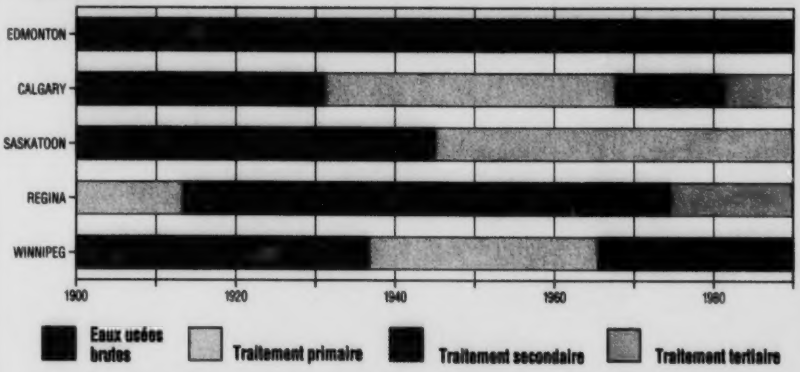
La Stratégie mondiale de la conservation de 1980 a reconnu que les écozones de prairies avaient une importance internationale à des fins de conservation, et c'est là le premier indice révélateur de la préoccupation du public à l'égard de la valeur de ce type d'écozone (Fonds mondial pour la nature Canada, 1988). Parmi les autres événements importants, mentionnons la publication du rapport sur la conservation des sols intitulé *Nos sols dégradés* (Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984) et les trois nouvelles initiatives majeures de conservation des prairies, soit la signature de l'entente Canada–États-Unis concernant le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (United States Department of the Interior/ Environnement Canada, 1986), la publication par le Fonds mondial pour la nature Canada (1988) du plan d'action pour la conservation des Prairies, qui a ensuite reçu l'aval des trois gouvernements des provinces des Prairies,

et les accords de conservation des eaux et des sols conclus par les gouvernements fédéral et provinciaux en 1989.

La portée de ces programmes et les organismes chargés de leur mise en œuvre diffèrent, mais tous reconnaissent le lien existant entre la qualité de l'environnement, la protection des habitats, la conservation des sols et la pérennité de l'agriculture. On commence également à reconnaître la relation entre ces enjeux et les questions économiques et les politiques agricoles (Girt, 1990). Plusieurs programmes, plus particulièrement le projet conjoint Habitat des Prairies (l'élément du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine portant sur les Prairies) et le Programme national de conservation des sols mettent l'accent sur la sensibilisation du public, les projets de démonstration et le transfert de technologies à l'intention de la communauté agricole. Ces deux derniers programmes ainsi que plusieurs programmes provinciaux prévoient une indemnisation financière considérable pour l'application de méthodes de conservation pendant des périodes limitées. Il est prévu, et c'est en fait la clé du succès de ces programmes, que les méthodes de conservation, une fois l'aide financière terminée, auront fait leurs preuves sur le plan économique et social et serviront d'exemple.

Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine porte sur la conservation des habitats de la sauvagine et a rallié un grand nombre d'associations de chasseurs, tandis que le plan d'action pour la conservation des Prairies a pour principal objectif de préserver des régions de prairies naturelles, de prairies-parcs et d'habitats riverains. Il existe également plusieurs programmes provinciaux ayant des objectifs similaires. Le Programme national de conservation des sols favorise des méthodes qui permettent, en plus de conserver les sols, de maintenir la productivité agricole à long terme. Ce programme triennal, mis sur pied en 1988, préconise l'établissement d'un couvert permanent sur des terres agricoles marginales et la création de rideaux-abris. Le chapitre 26 fournit de

Évolution du traitement des eaux usées dans des villes des Prairies, 1900–1990



Source: Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada.

plus amples détails sur les programmes relatifs aux habitats et à la conservation des sols.

Le potentiel d'habitats qu'offre le paysage urbain a souvent été oublié; en fait, les villes abritent de vastes étendues où les plantes et même la faune peuvent trouver protection. Le programme fédéral-provincial de lutte contre les dommages causés par les inondations dans les trois provinces des Prairies préconise que les zones situées près des cours d'eau où les risques de crue sont élevés ne soient pas bâties (pour éviter d'exposer les habitations à des dommages) mais plutôt conservées pour leur valeur écologique. Des centres urbains ont également pris des mesures pour réserver des vallées et d'autres paysages urbains et y préserver des habitats. Il y a plus de 70 ans, la ville d'Edmonton désignait comme zone protégée la vallée de la rivière Whitemud (un ravin de prairie-parc), et l'un des derniers sites de prairies à herbes hautes est protégé dans la ville de Winnipeg (St. James Living Prairie Museum) (Metcalfe, 1985; Fonds mondial pour la nature Canada, 1988). Calgary abrite un autre site de prairies (Nose Hill, une prairie à fétuques), et d'autres centres urbains comme Saskatoon et Wainwright envisagent la création de sites de protection de prairies dans leurs limites (communications personnelles de G. Holroyd et de H. Trefry, Environnement Canada, et de S. Rowe, Université de la Saskatchewan). Les seuls endroits où l'on ait réussi à introduire (ou à réintroduire) des faucons pèlerins dans les provinces des Prairies se trouvent dans des villes (McNicholl, 1988). Ces sites en milieu urbain offrent de petits refuges aux éléments composant les écosystèmes de prairies, y compris les animaux, et fournissent en même temps certaines des meilleures occasions pour renseigner et sensibiliser davantage le grand public.

La gestion de l'eau

Les conflits d'utilisation de l'eau, notamment entre les utilisations au fil de l'eau et l'irrigation, sont devenus une préoccupation grandissante dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan. Les importants prélèvements d'eau à des fins d'irrigation dans les rivières Oldman, Bow et Saskatchewan Sud ont réduit les débits dans une mesure telle que la survie du poisson a parfois été mise en danger, notamment en période de sécheresse. Les organismes chargés de la gestion de l'eau devraient mettre davantage l'accent sur l'élaboration d'objectifs et de normes sur la qualité de l'eau et les débits des cours d'eau qui assureront la sécurité

du poisson et d'autres formes de vie aquatique. Une question est au cœur du problème de gestion de l'eau dans les Prairies, celle de la répartition et de la gestion des réserves limitées en eau de façon à minimiser les effets d'une utilisation donnée sur les autres utilisations et à maximiser les avantages qu'en retire la société.

Équilibrer l'offre et la demande

Dans les Prairies, le problème fondamental de la gestion de l'eau est la répartition d'une ressource relativement rare entre diverses utilisations, chacune ayant des exigences quantitatives et qualitatives différentes mais aussi des effets sur la qualité et la quantité de l'eau. Les provinces, seules et de concert avec le gouvernement fédéral, ont établi des plans de gestion des bassins versants et des bases de données sur l'eau afin de faciliter, d'une part, la prise de décision entourant l'exploitation des barrages et des réservoirs et satisfaire ainsi une gamme de demandes en eau, et, d'autre part, la conception et l'évaluation environnementale de nouveaux aménagements.

L'absence de mécanismes de marché qui permettraient de trancher la question et de répartir l'eau entre les diverses utilisations concurrentielles vient compliquer la situation. On a été estimé, d'après le consentement à payer, que les utilisations les plus précieuses de l'eau étaient liées aux loisirs, à la production d'énergie et à la satisfaction de besoins en eau des villes. Toutefois, la gestion de l'eau s'est traditionnellement attachée, dans les Prairies, aux utilisations agricoles. Parallèlement à l'accroissement de l'urbanisation et de l'affluence dans les grandes villes, les utilisations récréatives et au fil de l'eau deviennent de plus en plus importantes pour le public et l'économie des Prairies, et cette tendance devrait se poursuivre.

Dans la portion nord-américaine des prairies, les ressources hydriques relèvent de diverses compétences, soit trois provinces et trois États. L'eau s'écoule d'un territoire à un autre et le mode d'utilisation et de gestion de l'eau dans une province ou un État influe sur celui mis en œuvre dans l'autre province ou État.

Afin que toutes les compétences jouissent d'une part équitable de cette ressource, des ententes conjointes définissant les droits et responsabilités à l'égard de la quantité et de la qualité de l'eau qui franchit les limites politiques ont été signées. Ainsi, la Commission mixte internationale et la Régie des eaux des provinces des Prairies ont été créées en vertu d'ententes entre le Canada et les États-Unis et entre le Canada et les provinces, respectivement. Ces deux organismes contribuent à la surveillance et à la solution des questions touchant le partage des ressources hydriques des cours d'eau traversant la frontière internationale et les limites provinciales dans les Prairies.

Améliorer la qualité de l'eau

En définitive, l'acceptabilité de la qualité de l'eau est jugée en fonction de l'utilisation durable de l'eau par toutes les formes d'organismes vivants, y compris les humains. De nombreux utilisateurs de l'eau ayant pris connaissance des résultats de la surveillance régionale de la qualité de l'eau sont inquiets de la qualité actuelle de l'eau traversant la région des Prairies (tableau 17.5). La plupart de ces préoccupations ont trait à l'eutrophisation, à la salinité, aux métaux et aux pesticides (tableau 17.6), qui sont attribuables, pour la plupart, à une mauvaise qualité naturelle de l'eau. L'utilisation de la ressource par les humains a accéléré l'eutrophisation, entraîné une détérioration de la qualité bactériologique de certaines étendues d'eau de la région et introduit des substances toxiques dans les écosystèmes des prairies.

Dans l'ensemble, la qualité de l'eau ne se dégrade pas outre mesure, mais elle est proche d'un seuil minimal à de nombreux endroits et les tendances économiques, sociales et climatiques actuelles pourraient la faire baisser à un niveau inacceptable. Afin de prévenir la détérioration de la qualité de l'eau, il faut réduire l'apport de contaminants et élaborer et mettre en œuvre des plans de gestion de la qualité de l'eau.

Que fait-on dans les Prairies pour améliorer la qualité de l'eau? Les villes de la région ont, avec le temps, amélioré leurs systèmes de traitement des eaux (figure 17.13). De 1983 à 1989, le pourcentage de la population desservie par des usines de traitement tertiaire dans les 12 plus grandes régions métropolitaines de recensement des Prairies est passé de 8 à 32 % (Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, données sur l'utilisation de l'eau par les municipalités). Les politiques et les règlements provinciaux interdisent maintenant le rejet direct d'eaux d'égout brutes dans le milieu naturel et exigent un niveau minimal de traitement secondaire. Certains grands centres comme Winnipeg, au Manitoba, et Saskatoon, Prince Albert et Yorkton, en Saskatchewan, améliorent actuellement leurs systèmes d'épuration pour se conformer à ces règlements. En règle générale, les collectivités des Prairies disposent maintenant d'un niveau élevé de traitement des eaux usées.

Les préoccupations à l'égard de la qualité de l'eau de la rivière Rouge et de la rivière Assiniboine, notamment près de Winnipeg, ont incité le gouvernement fédéral à proposer, dans le cadre de son Plan vert, une étude conjointe avec les provinces du Manitoba et de la Saskatchewan sur l'utilisation de l'eau, les sources et les effets des polluants, la conservation des sols et les habitats fauniques dans les bassins hydrographiques de ces deux rivières (Gouvernement du Canada, 1990). On espère qu'une meilleure compréhension des effets cumulatifs sur la qualité de l'eau des nombreuses activités industrielles, agricoles et municipales qui se déroulent dans ces bassins hydrographiques aidera à déterminer les domaines où des mesures préventives et correctives doivent être appliquées en priorité.

Les améliorations considérables des méthodes d'irrigation combinées au captage de l'écoulement restitué à des fins de réutilisation ont contribué à protéger la qualité des principaux tronçons des réseaux fluviaux. L'aménagement de réservoirs a permis

d'augmenter l'écoulement des cours d'eau lorsque les débits sont peu élevés afin de renouveler ainsi leur faible teneur en oxygène dissous et d'améliorer la qualité de leurs eaux. Les teneurs en oxygène dissous de la rivière Saskatchewan Nord, lorsqu'elle traverse la ville d'Edmonton, ont énormément augmenté ces dernières années grâce à la régularisation de l'écoulement en amont et à l'amélioration du traitement des eaux usées. Des poursuites judiciaires intentées récemment ont mis en lumière l'intérêt du public face aux évaluations environnementales de projets comme les barrages Rafferty–Alameda dans le sud-est de la Saskatchewan et Oldman dans le sud de l'Alberta.

La région des Prairies a échappé jusqu'ici aux effets dévastateurs des déchets toxiques industriels, mais certains secteurs soulèvent des préoccupations surtout locales. En Alberta, par exemple, trois sites abandonnés d'intérêt hautement prioritaire répondent aux critères du Programme national de décontamination des terrains contaminés pour ce qui est du financement conjoint, par les gouvernements fédéral et provinciaux, des mesures correctives à appliquer. Il s'agit de la vieille usine de la Canada Creosoting Co. Ltd., à Calgary, de l'usine de traitement du bois Peerless, à Cayley, et de l'ancien site de la raffinerie Purity 99, à Hartell. On étudie la possibilité de financer la décontamination de sites candidats au Manitoba et en Saskatchewan en vertu du même programme.

Préoccupations touchant la qualité de l'eau

Bassin fluvial	Caractéristiques de la qualité de l'eau									
	Enrichissement en éléments nutritifs	Mauvaises herbes et algues	Saveur/odeur	Sels dissous	Sédiment	Bactéries	Substances toxiques industrielles	Teneur en mercure chez le poisson	Autres métaux	Pesticides
Assiniboine	■	■	■	•	•	•	•	■	•	—
Battle	■	■	■		•	•		•		—
Bow	■	■	■	•	•	■	■	•	•	—
Saskatchewan Nord	■	•	•		—	■	■	■	•	—
Oldman	—	—	•	•	•	■		•		—
Missouri				—			•	•	•	—
Qu'Appelle	■	■	■	■	■	■	•	■	•	—
Red Deer (Alberta)	•	•	•	•	■	•	•	•		—
Rouge	■	■	■	•	—	■	■	—	■	—
Saskatchewan	•	•	•	•	■	■	•	■	■	—
Souris	■	■	■	■	—	—	•	■	•	—
Saskatchewan Sud	■	■	■	■	■	■	■	■		—

Légende

Ce facteur est :	Évaluation qualitative	
	À l'échelle locale	À l'échelle du bassin
Une préoccupation majeure connue	■	■
Une préoccupation mineure connue	•	—
Une préoccupation majeure potentielle	■	■
Une préoccupation mineure potentielle	•	—
N'est pas préoccupant		

Exemple

■ : On sait que la qualité de l'eau dans l'ensemble du bassin de la rivière Qu'Appelle soulève une préoccupation majeure sur le plan de la saveur et de l'odeur.

Source: Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Regina.

L'avenir

L'eau et les autres ressources naturelles ont toujours été considérées comme un apport à l'activité économique à court terme, mais cette optique disparaîtra et le public prendra de plus en plus conscience que ces ressources sont de véritables piliers de l'économie et de l'environnement à long terme. Plus particulièrement, les méthodes de gestion de l'eau feront sans doute de plus en plus appel à la gestion de la demande, à la conservation et à la gestion de la qualité de l'eau pour protéger cette ressource rare et la répartir entre les utilisations que la société juge les plus importantes.

En raison de la grande valeur économique et sociale des ressources hydriques, les lacs et cours d'eau ne devraient plus être considérés comme des sites d'élimination des déchets; il ne faudrait pas non plus tolérer que des effets négatifs mais involontaires continuent de résulter de notre mode de gestion des terres s'ils mettent en danger les ressources en eau. La gestion de la qualité de l'eau de demain doit mettre l'accent sur la lutte contre la pollution à la source. Les méthodes de gestion de l'utilisation des terres, y compris la conservation des sols, devraient également être élaborées et évaluées en fonction de l'amélioration de la qualité et de la conservation de l'eau.

La valeur des terres prend également une toute autre signification. Les terres ayant une importance marginale pour l'agriculture ne sont pas des terres de

désolation, car elles renferment des habitats précieux et jouent un rôle important dans le cycle de l'eau. Les terres dépouillées de leur productivité par une exploitation agricole intensive ou de leurs éléments minéraux au nom d'un rapide profit n'auront de valeur à long terme pour la société que si les coûts de leur protection, de leur restauration et de leur remise en état sont considérés comme des frais d'exploitation. Il faut diriger nos efforts vers une gestion à long terme et vers des politiques et des méthodes de remise en état afin de maintenir la productivité du sol. Une saine gestion de l'environnement est la clé de la viabilité à long terme de l'économie des Prairies.

CONCLUSIONS

L'exploitation des sols de la région, de ses ressources pétrolières et gazières, de son charbon et de ses minéraux conjuguée à des conditions favorables du marché ont permis la colonisation et soutenu les activités économiques de la région des Prairies. C'est pourquoi il est important de protéger et de mettre en valeur les ressources naturelles des Prairies afin d'assurer la prospérité et la qualité de vie de la population dans une économie mondiale de plus en plus concurrentielle.

Les écosystèmes de prairies naturelles sont parmi les plus menacés du Canada. De 40 à 71 % des habitats des milieux humides qui s'y trouvaient à l'origine ont été convertis à d'autres utilisations, principalement l'agriculture, et presque toutes les prairies naturelles ont disparu ainsi que certaines communautés animales uniques. Les eaux usées rejetées par les grandes villes des Prairies ont eu des effets dommageables sur la qualité de l'eau en aval et sur diverses utilisations de l'eau — dont les loisirs, la pêche et l'approvisionnement en eau des villes — qui dépendent de ressources hydriques de qualité. Le développement économique exerce des pressions critiques sur les réserves en eau disponibles dans certains bassins des Prairies et tout projet ultérieur d'exploitation devra intégrer des améliorations de l'efficacité des modes d'utilisation actuels et futurs. Dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan, notamment pendant les années de sécheresse, on se demande avec inquiétude si l'accroissement de la consommation de l'eau n'empêchera pas de répondre aux exigences touchant les utilisations au fil de l'eau des écosystèmes aquatiques, notamment ceux où la pêche est pratiquée.

Les Prairies canadiennes sont uniques sur les plans climatique, topographique, hydrologique, environnemental et socio-économique. Pour les responsables de l'élaboration des politiques de gestion des ressources et de l'environnement, le défi consistera à préserver ce patrimoine régional exceptionnel que constituent les sols, l'eau, la végétation et la faune pour assurer la viabilité à long terme de l'économie des Prairies.

OUVRAGES CITÉS

Agriculture Canada. 1983. *Land degradation and soil conservation issues on the Canadian prairies.* Direction générale de la protection du sol et de l'eau. Administration du rétablissement agricole des Prairies, Regina.

Agriculture Canada. 1986. *Saskatchewan water sourcing study, phase I.* Administration du rétablissement agricole des Prairies, Regina.

Agriculture Canada. 1987. *PFRA dam inventory.* Administration du rétablissement agricole des Prairies, Regina.

Arthur, G. 1984. « The North American plains bison: a brief history. » Pages 281–289 dans : Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources.* Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Ashmore, P.E. 1986. *Suspended sediment transport in the Saskatchewan River basin.* Série de rapports de la Section de l'étude des sédiments IWD-ITQ-WRB-SS-86-9. Direction des ressources en eau, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Beck, A.E. 1986. *PCB and pesticide residues in fish from the Red River, Manitoba, 1978–1983.* Water Standards and Studies Report No. 86-2. Section des études et des normes sur la qualité de l'eau, ministère de l'Environnement du Manitoba, Winnipeg.

Bentley, C.F., et L.A. Leskiw. 1985. *Maintien de la productivité des terres agricoles : opinions et tendances actuelles.* Conseil consultatif canadien de l'environnement, Rapport nº 15. Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné, Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : les espèces menacées de disparition au Canada.* Éditions Broquet Inc., LaPrairie (Québec), en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Butala, S. 1989. « Time, space and light: discovering the Saskatchewan soul. » Pages 221–228 dans : Fetherling, D., (réd.). *Best Canadian essays 1989.* Fifth House Publishers, Saskatoon.

Carbyn, L. 1984. « Status of wolves in the Canadian plains regions. » Pages 291–298 dans : Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources.* Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Caswell, F.D. 1990. *Prairie waterfowl status report: a briefing document.* Service canadien de la faune, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Winnipeg.

Chambers, P.A., E.E. Prepas, M.L. Bothwell et H.R. Hamilton. 1989. « Roots versus shoots in nutrient uptake by aquatic macrophytes in flowing waters. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 46(3) : 435–439.

Charlton, S.E., et D. Bayne. 1986. *Phosphorus removal: the impact upon water quality in the Bow River downstream of Calgary, Alberta.* Bow River database 1980–1985. Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Services de la protection de l'environnement, Edmonton.

Comité d'étude du bassin de la rivière Saskatchewan Sud. 1988. *South Saskatchewan River basin ground water study.* Préparé par Clifton Associates Ltd. pour Environnement Canada et la Saskatchewan Water Corporation, Regina.

Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. 1984. *Nos sols dégradés.* Le Sénat du Canada, Ottawa.

Constable, M., et J. Bharadia. 1990. *Trend and use pattern analysis for regional priority pesticides.* Rapport inédit. Service de la protection de l'environnement, région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, Edmonton.

Coote, D.R. 1983. « Dégradation des terres par suite d'une utilisation agricole intensive. » Pages 227–257 dans : Simpson-Lewis, W., R. McKechnie et V. Neimanis, (réd.). *Les terres du Canada : stress et impacts.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Coupland, R.T. 1981. *A preliminary ecological analysis of land use in the Canadian agricultural system.* Document préparé pour Environnement Canada, Ottawa. (Cité dans Rowe, 1990.)

Cross, P., H. Hamilton et S. Charlton. 1984. *Preliminary assessment of the effects of phosphorus reduction from Calgary sewage treatment plant on the Bow River.* Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

de Jong, E., et R.G. Kachanoski. 1987. « The role of grasslands in hydrology. » *Bulletin canadien des sciences halieutiques et aquatiques,* 215 : 213–241.

Dickson, K. 1989. *Tendances des effectifs de canards nichant dans l'ouest du Canada, 1955–1989.* Cahier de biologie n° 186. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Dillon Consulting Engineers and Planners. 1983. *Identification and verification of active and inactive land disposal sites in Saskatchewan.* Rapport préparé pour Environnement Canada et le ministère de l'Environnement de la Saskatchewan.

Dumanski, J., D.R. Coote, G. Luciuk et C. Lok. 1986. « Soil conservation in Canada. » *Journal of Soil and Water Conservation,* 41(4) : 204–210.

Eisenberg, E. 1989. « Back to Eden. » *The Atlantic Monthly,* 264(4) : 57–89.

Environnement Canada. 1983. *L'Antilope d'Amérique.* La faune de l'arrière-pays. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver.* Feuillet d'information 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1989*a*. *Initial environmental evaluation, Rafferty/Alameda reservoirs.* Conservation et Protection, Regina (Saskatchewan).

Environnement Canada. 1989*b*. *Sommaire chronologique de l'écoulement en Alberta jusqu'en 1988.* Direction des ressources en eau, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa.

Environnement Canada. 1989*c*. *Sommaire chronologique de l'écoulement au Manitoba jusqu'en 1988.* Direction des ressources en eau, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa.

Environnement Canada. 1989*d*. *Western and Northern Region annual report on compliance for regulated petroleum refineries effluent for the calender year 1988.* Rapport inédit. Service de la protection de l'environnement, Edmonton (Alberta).

Fautley, R.A., M.A. Bonneau et S.N. Kulshreshtha. 1986. « An economic evaluation of the 1984–85 Prairie drought. » Pages 367–383 dans : *Comptes rendus du symposium canadien d'hydrologie n° 16, 3–6 juin, Regina.* NRCC No. 25514. Comité associé d'hydrologie, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.

Fonds mondial pour la nature Canada. 1988. *Prairie conservation action plan, 1989–1994.* Toronto.

Foster, H.D., et W.R.D. Sewell. 1981. *Water: the emerging crisis in Canada.* James Lorimer and Co., en collaboration avec l'Institut canadien de politique économique, Toronto.

French, N.R. 1979. « Principal subsystem interactions in grasslands. » Pages 173–190 dans : French, N.R. (réd.). *Perspectives in grassland ecology: results and applications of the US/IBP grassland biome study.* Springer-Verlag, New York.

Gauthier, D.A., et J.D. Henry. 1989. « Misunderstanding the Prairies. » Pages 183–195 dans : Hummel, M., (réd.). *Endangered spaces.* Key Porter Books, Toronto.

Girt, J. 1990. *Common ground: recommendations for policy reform to integrate wildlife habitat, environmental and agricultural objectives on the farm.* Rapport commandé par Habitat faunique Canada, Environnement Canada et Agriculture Canada. Habitat faunique Canada, Ottawa.

Golder Associates Ltd. 1990. *Remediation strategies for Canada Creosote site, Calgary, Alberta.* Rapport préparé pour le projet HELP, ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Groupe de travail sur les écorégions. 1989. *Régions écoclimatiques du Canada.* Série de la classification écologique du territoire n° 23. Comité canadien de la classification écologique du territoire. Direction du développement durable, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Le rapport du groupe de travail I. Aspects scientifiques. Vol. I.* Organisation météorologique mondiale et Programme des Nation Unies pour l'environnement, Genève.

Gummer, W.D. 1979. *Contrôle des pesticides dans les provinces des Prairies.* Rapport d'interprétation de la qualité des eaux n° 4. Environnement Canada, Regina.

Hauck, A.K. 1990. « OP's and fish, pheasants forever. » *Journal of Upland Game Conservation,* Winter volume.

HydroQual Consultants Inc. 1986. *Total dissolved solids trends in the Saskatchewan River Basin.* Préparé pour Environnement Canada, Regina.

I.D. Systems Ltd. 1982. *Identification and verification of active and inactive land disposal sites in Manitoba. Volume I: Technical report.* Rapport préparé pour Environnement Canada et le ministère de l'Environnement du Manitoba, Winnipeg.

Integrated Environments Ltd. 1989. *Review of the pesticide residues data base for the Prairie Provinces and the Northwest Territories.* Préparé pour Environnement Canada, Regina.

International Red River Pollution Board. 1990. *Thirtieth progress report to the International Joint Commission.* Ottawa et Washington, D.C.

Jones, K.H. 1991. « Drought on the Prairies. » Pages 125–129 dans : Wall, G. (réd.). *Symposium on the impacts of climate change and variability on the Great Plains,* Calgary (Alberta), 1990. Occasional paper No. 12. Série de publications du Département de géographie, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Kupsch, W.O. 1984. « Man and resources of the Canadian plains. » Pages 1?1–201 dans : Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources.* Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Lane, R.K., et G.N. Sykes. 1982. *Nature's lifeline: prairie and northern waters.* Canada West Foundation, Calgary.

Laycock, A. 1972. « The diversity of the physical landscape. » Pages 1–32 dans : Smith, P.J., (réd.). *Études sur la géographie du Canada : les provinces de la prairie.* University of Toronto Press, Toronto.

MacLaren Plansearch. 1982. *Identification and verification of active and inactive land disposal sites in Alberta.* Rapport préparé pour Environnement Canada et le ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

McGill, W.B., C.A. Campbell, J.F. Dormaar, E.A. Paul et D.W. Anderson. 1981. « Soil organic matter losses. » Pages 72–133 dans : *Agricultural land: our disappearing heritage.* Proceedings of the 18th Annual Alberta Soil Science Workshop featuring a symposium on land degradation, 24–25 février, Edmonton. Ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Edmonton.

McNicholl, M.K. 1988. « Ecological and human influences on Canadian populations of grasslands birds. » Pages 1–25 dans : Goriup, P.D., (réd.). *Ecology and conservation of grasslands birds.* ICBP Technical Publication No. 7. Conseil international pour la préservation des oiseaux, Cambridge (Royaume-Uni).

Metcalfe, W.H. 1985. « A patch of tallgrass very much worth saving. » *Canadian Geographic*, 105(4) : 68–73.

Miller, G.T., Jr. 1988. *Living in the environment*. 4ᵉ éd. Wadsworth Publishing Company, Belmont (Californie).

Ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta. 1988. *Bow River recreation study: an assessment of recreational use and economic benefits*. Vol. 1. Summary. Publication 1/195, Edmonton.

Mitchell, G.J. 1984. « The importance, utilization, management, and future of wild game animals on the Canadian Plains. » Pages 249–261 dans : Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources*. Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

O'Connor Associates Environmental Inc. 1989. *Investigation of organic contaminants beneath the former Canada Creosoting Co. Ltd. plant site, Calgary, Alberta*. Rapport préparé pour le projet HELP, ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

Palmer, W.C. 1965. *Meteorological drought*. Research Paper No. 45. Département du Commerce des États-Unis, Washington, D.C.

Paul, A.H. 1984. « Human aspects of the Canadian Plains climate. » Pages 203–216 dans : Mitchell, G.J., (réd). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources*. Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Peters, T.W., J.A. Shields et J.G. Ellis. 1978. *Guidebook for a tour to observe soil landscapes and cropping systems in central and southern Alberta and southwestern Saskatchewan, tours 5 and 13*. Présenté lors du 11ᵉ Congrès de l'Association internationale de la science du sol, Edmonton (Alberta). Contribution of Soil Research Institute No. 652. Association internationale de la science du sol.

Phillips, D. 1990. *Les climats du Canada*. Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Ray, A.J. 1984. « The northern Great Plains: pantry of the Northwestern fur trade, 1774–1885. » Pages 263–280 dans : Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources*. Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Régie des eaux des provinces des Prairies. 1990. *Water uses in the Sasktachewan-Nelson basin 1951–1986*. Rapport nº 91. Regina.

Rizzo, B., et E. Wiken. 1989. « Assessing the sensitivity of Canada's ecosystems to climatic change. » Pages 94–111 dans : *Landscape ecological impact of climatic change on boreal/(sub)arctic regions, with emphasis on Fennoscandia*. Document de travail préparé pour la Conférence européenne sur l'impact du changement climatique sur l'écologie du paysage, 3–7 décembre, Lunterin, Pays-Bas. Ministère de la Planification physique et de l'Environnement des Pays-Bas.

Rood, S.B., et J.M. Mahoney. 1990. « Collapse of riparian poplar forests downstream from dams in western Prairies: probable causes and prospects for mitigation. » *Environmental Management*, 14 : 451–464.

Rowe, J.S. 1990. *Home place: essays on ecology*. Canadian Parks and Wilderness Society, Henderson Book Series No. 12. NeWest Publishers Ltd., Edmonton.

Rowe, J.S., et R.T. Coupland. 1984. « Vegetation of the Canadian Plains. » Pages 231–248 dans : Mitchell, G.M., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources*. Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

Royal Commission on Flood Cost Benefit. 1958. *Royal Commission Report*. Décret du Conseil de la province du Manitoba 1775/56, daté du 18 décembre 1956, Winnipeg.

Sheehan, P.K., A. Baril, P. Mineau, D.K. Smith, A. Harfenist et W.K. Marshall. 1987. *The impact of pesticides on the ecology of prairie-nesting ducks*. Série de rapports techniques nº 19. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1986. *Recensement du Canada*. Section de l'agriculture, de l'environnement et des ressources naturelles, Ottawa.

Stewart, J., et H. Tiessen. 1990. « Des plaines fertiles transformées en déserts? » Pages 206–228 dans : Mungall, C., et D.J. McLaren, (réd.). *La terre en péril*. Société royale du Canada et Presses de l'Université d'Ottawa, Ottawa.

Stewart, R.B. 1991. *Climatic change and agricultural production in the Canadian Prairies*. Symposium tenu à Calgary (Alberta) en 1990. Série de publications du Département de géographie, rapport hors-série nº 13. Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Sugden, L.G. 1984. « The waterfowl resource of the Canadian Plains. » Pages 299–314 dans Mitchell, G.J., (réd.). *Man: user and modifier of Canadian Plains' resources*. Prairie Forum 9, No. 2. Canadian Plains Research Center, Université de Regina, Regina.

United States Department of the Interior/ Environnement Canada. 1986. *Plan nord-américain de gestion de la sauvagine*. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, Washington, D.C., et Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Warren, C.L., A. Kerr et A.M. Turner. 1989. *Urbanisation des terres rurales au Canada, 1981–86*. Feuillet d'information EDE nº 89–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Warwick, W.F., et N.A. Tisdale. 1988. « Morphological deformities in *Chironomus*, *Cryptochironomus*, and *Procladius* larvae (Diptera: Chironomidae) from two differentially stressed sites in Tobin Lake, Saskatchewan. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 45(7) : 1123–1144.

Wiken, E.B. 1986. *Écozones terrestres du Canada*. Série de la classification écologique du territoire nº 19. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Williams, G.D.V., H.K. Jones, E.G. Wheaton, R.B. Stewart et R.A. Fautley. 1988. « Estimating the impacts of climatic change on agriculture in the Canadian Prairies, the Saskatchewan case study. » Pages 221–370 dans : Perry, M.L., T.R. Carter et N.T. Konijn, (réd.). *The impact of climatic variations on agriculture. Vol. 1. Assessment in cool temperature and cold regions*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas.

Wong, M.P., A. Baril et R. Newhook. 1989. *Pesticides in the aquatic environment: estimating environmental risk using the NRCC persistence model*. Rapport inédit. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Yuzyk, T.R. 1987. *Bed degradation of the South Saskatchewan River below Lake Diefenbaker*. Série de rapports de la Section de l'étude des sédiments IWD-HQ-WRB-SS-87-2. Direction des ressources en eau, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Zoltai, S.C. 1988. *Les provinces écoclimatiques du Canada et les changements climatiques provoqués par l'homme*. Comité canadien de la classification écologique du territoire, Bulletin nº 17. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Agriculture Canada. 1989. *Partenaires dans la croissance. Une vision de l'industrie agro-alimentaire canadienne*. Publication 5269/F. Ottawa.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*. Groupe de travail sur les recommandations

pour la qualité des eaux. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Conseil international de lutte contre la pollution de la rivière Rouge. 1989. *Twenty-ninth progress report to the International Joint Commission.* Ottawa et Washington, D.C.

Gray, J.H. 1967. *Men against the desert.* Western Producer Prairie Books, Saskatoon.

Groupe national de travail sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada.* Comité canadien de la classification écologique du territoire. Série de la classification écologique du territoire n° 24. Direction du développement durable, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa, et Polyscience Publications, Montréal.

Programme de recherche sur les dépôts acides. 1986. *Southwestern Alberta medical diagnostic review: summary, methods and results.* Calgary.

Pupp, C., R. Stein et G. Grove. 1989. *Groundwater quality in Alberta: hydrogeology, quality concerns, management.* Publication No. 89051. Institut national de recherches en hydrologie, Environnement Canada, Saskatoon.

Statistique Canada. 1986. *L'activité humaine et l'environnement : un compendium de statistiques.* Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Yuzyk, T.R., et N.R. Chapin. 1989. *Proceedings of the Alberta sediment issues workshop*, 27–28 septembre 1988, Calgary. Direction des ressources en eau, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Ce chapitre est le fruit des efforts collectifs du personnel de la région de l'Ouest et du Nord, et du Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada. Ses principaux auteurs sont Ross Herrington, Derek Bjonback et Bill Gummer, Direction générale des eaux intérieures (Regina), Christian Pupp, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa) et Vinod Marwaha, Protection de l'environnement (Edmonton), qui a également assuré la coordination du chapitre pour le compte de la région de l'Ouest et du Nord d'Environnement Canada.

Plusieurs personnes de la région de l'Ouest et du Nord ainsi que de l'Administration centrale d'Environnement Canada ont contribué à l'élaboration de ce chapitre. La responsabilité globale de la préparation du chapitre a été confiée à la région de l'Ouest et du Nord, Environnement Canada, sous la direction de Bev Burns, directeur général régional, Conservation et Protection. Nous remercions particulièrement B. Atkinson, B. Beswick, P.J. Blackall, D. Blachford, S. Campbell, D. Caswell, T. Diamond, M. Drews, E. Driver, A. Eatock, M. Falk, D. Gierman, M. Gilchrist, T. Goos, G. Holroyd, R.F. Hopkinson, B. Howard, K. Jones, M. Kowalchuk, G. Lewis, G. McKeating, R.L. Pentland, R. Raddatz, P. Rakowski, J. Rogers, D.G. Schaefer, A. Smart, A. Stanley, R. Stevens, G. Trottier, H. Vaughan, G. Weiss et J.-G. Zakrevsky.

Plusieurs personnes d'autres organismes fédéraux ont revu le manuscrit en totalité ou en partie à diverses étapes de sa préparation; citons notamment D. Acton, D.R. Coote, J. Dumanski, R. Grover, W. Pettapiece, J. Shields, J. Shaw et R.J. Wettlaufer, Agriculture Canada.

Des informations et des commentaires sur les versions préliminaires du manuscrit ont été apportées par les cadres supérieurs et le personnel de divers organismes provinciaux : V. MacNichol et J.B. Kemper, ministère de l'Environnement de l'Alberta, A. Szojka, ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, N. Brandson, D.L. Wotton, D. Williamson et E. Kucera, ministère de l'Environnement du Manitoba, L.J. Whitney, ministère des Richesses naturelles du Manitoba, D.L. Macleod et M. Grajczyk, Saskatchewan Water Corporation, B. Bietz, Alberta Energy Resources Conservation Board, D. Buchwald, Environmental Council of Alberta, et E. Wheaton, Saskatchewan Research Council. R.L. Kellow, Régie des eaux des provinces des Prairies, et J. Girt, expert-conseil, ont également revu le manuscrit et apporté leurs commentaires sur une version préliminaire du chapitre.

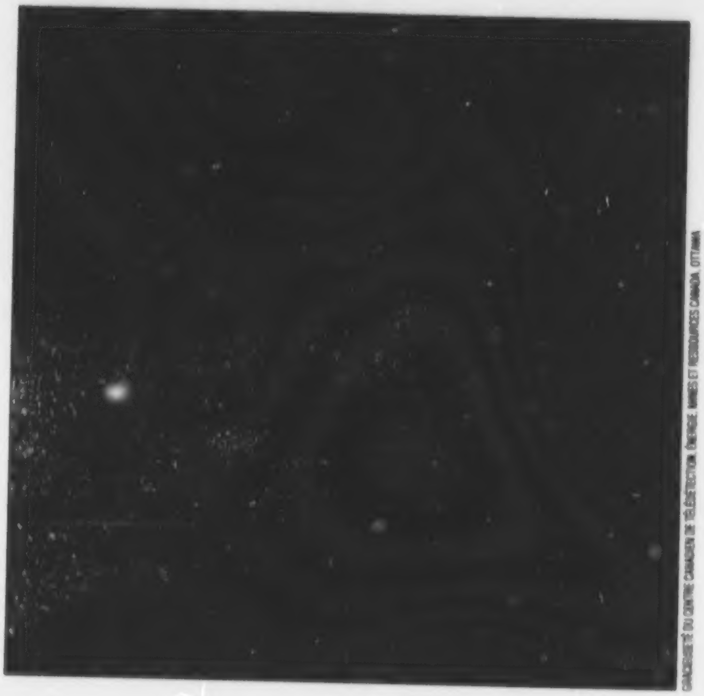
S. Rood, Université de Lethbridge, et S. Rowe, Université de la Saskatchewan, ont apporté leur concours à la collecte d'informations pour ce chapitre. Une version préliminaire a été préparée par P.J.B. Duffy and Associates Limited.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes: William J. Carlyle, professeur de géographie, Université de Winnipeg, Dick Neal, professeur de biologie, Université de la Saskatchewan, et Dixon Thompson, professeur de sciences environnementales, Université de Calgary. Leurs contributions ont été précieuses pour l'amélioration du texte et l'enrichissement des illustrations.

Christian Pupp et Ken Redpath, Rapport sur l'état de l'environnement, ont assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Marla Sheffer, avec la collaboration de Susan Burns.

18



GRACIEUSETÉ DU CENTRE CANADIEN DE TÉLÉDÉTECTION, ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Les Grands Lacs ont joué un rôle de premier plan dans l'émergence de la société industrielle nord-américaine. Toutefois, ils ont chèrement payé leur contribution par une dégradation considérable du milieu. Les effluents urbains, les produits chimiques industriels et agricoles et la surpêche ont agressé l'écosystème jusqu'au point de rupture et l'intégrité de ce magnifique réseau est maintenant menacée.

■

Le développement a entraîné la disparition des deux tiers de l'élément le plus productif de l'écosystème du bassin des Grands Lacs, les milieux humides. Ceux qui restent jouent un rôle crucial, car ils constituent des aires d'alimentation pour les poissons et la sauvagine migratrice; toute perte supplémentaire menacerait la survie de plusieurs espèces végétales et animales en danger de disparition.

■

Tous les lacs sont menacés par l'accumulation des charges toxiques, sous-produits de la révolution chimique des quatre dernières décennies. Ces contaminants s'accumulent dans les tissus des plantes et des animaux, puis subissent une bioamplification à mesure qu'ils s'élèvent dans la chaîne alimentaire, pour finalement atteindre des concentrations dangereuses. Un produit toxique, le DDT, a été relié de façon non équivoque à l'échec de la reproduction chez des oiseaux piscivores; certaines substances entravent le développement normal des tissus, et des tumeurs et des cancers ont été observés chez les poissons adultes. Les jeunes oiseaux paraissent plus vulnérables que les adultes et présentent un taux anormalement élevé de malformations congénitales dans les zones fortement polluées par les contaminants toxiques.

■

Les humains peuvent également être menacés par une exposition prolongée à de faibles concentrations de contaminants toxiques. Au Michigan, une étude faite auprès des femmes qui ont régulièrement consommé des poissons des Grands Lacs pendant qu'elles étaient enceintes a révélé que, à la naissance, leurs enfants souffraient de malformations physiques et de troubles neurocomportementaux et que, à l'âge de quatre ans, ils éprouvaient des problèmes d'apprentissage.

■

L'Accord canado-américain de 1978 sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs vise le rétablissement et le maintien de l'intégrité de l'écosystème du bassin des Grands Lacs.

■

Les plans de mesures correctives en cours d'élaboration visent la décontamination de 43 secteurs des lacs, où des problèmes de pollution de l'eau existent depuis longtemps. Ces plans prévoient l'action concertée des gouvernements, des groupes écologiques, des industries et d'autres intervenants.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 18-4

L'écosystème du bassin des Grands Lacs 18-4
Les eaux de surface 18-5
Les eaux souterraines 18-6
L'air 18-7
Les terres 18-7
Le biote 18-8
Les plantes et les animaux 18-8
L'élément humain 18-9

Un écosystème agressé 18-9
La perte d'habitats 18-10
Les déchets municipaux, l'enrichissement en éléments nutritifs et l'eutrophisation 18-11
Les contaminants toxiques 18-13
Sur la piste des charges de contaminants 18-14
La bioamplification des contaminants 18-15
Les bio-indicateurs : des signaux transmis par la faune et la flore 18-16
Les effets sur la santé 18-20
Les tendances en matière de substances toxiques 18-21
Les pêches 18-23
Les changements dans les populations de poissons 18-23
La disparition des espèces de poissons 18-23
Les espèces exotiques 18-24
Les problèmes complexes associés à la gestion des pêches 18-25
La variation du niveau de l'eau 18-25
Le changement climatique 18-27

La gestion écosystémique des Grands Lacs 18-27
La qualité de vie des résidants du bassin 18-27
L'intégration de l'environnement et de l'économie et le développement durable 18-28

Conclusions 18-31

Ouvrages cités 18-31

Pour de plus amples renseignements 18-33

Remerciements 18-33

Liste des encadrés

18.1 Le goéland argenté, un symbole et une vigile . . . 18-20
18.2 Une nouvelle source d'envahisseurs . . . 18-26
18.3 Les plans de mesures correctives : une application de la gestion écosystémique . . . 18-30

Liste des figures

18.1 Le bassin des Grands Lacs . . . 18-5
18.2 Caractéristiques physiques des Grands Lacs . . . 18-5
18.3 Régions atmosphériques d'influence situées à un jour, à trois jours et à cinq jours du bassin des Grands Lacs . . . 18-6
18.4 Représentation simplifiée d'une chaîne alimentaire des Grands Lacs . . . 18-8
18.5 Utilisation des terres dans le bassin des Grands Lacs . . . 18-10
18.6 Charges estimatives de phosphore total dans les Grands Lacs . . . 18-13
18.7 Concentrations de phosphore total dans les eaux libres des Grands Lacs . . . 18-14
18.8 Concentrations de nitrites et de nitrates dans les eaux libres des Grands Lacs . . . 18-15
18.9 Concentrations moyennes de BPC dans le touladi entier, 1977–1988 . . . 18-18
18.10 Concentrations de BPC dans les œufs de goélands argentés de différents endroits des Grands Lacs, 1971–1989 . . . 18-19
18.11 État, tendances et indices de la contamination toxique dans les Grands Lacs et les masses d'eau interlacustres . . . 18-22
18.12 Tendances de la pêche commerciale dans les Grands Lacs, 1880–1986 . . . 18-24
18.13 Secteurs de préoccupation du bassin des Grands Lacs . . . 18-29

Liste des tableaux

18.1 Apports de BPC dans les Grands Lacs et proportion attribuée aux dépôts atmosphériques . . . 18-7
18.2 Bassin hydrographique et densité démographique de chacun des Grands Lacs (Canada et États-Unis combinés) . 18-9
18.3 Agressions d'origine naturelle et anthropique subies par l'écosystème . . . 18-11
18.4 Caractéristiques biologiques typiques d'un écosystème agressé . . . 18-11
18.5 Pertes de milieux humides dans le bassin des Grands Lacs . . . 18-12
18.6 Liste des 11 polluants dangereux de la voie primaire de la Commission mixte internationale . . . 18-16
18.7 Sources de contaminants dans les Grands Lacs et les masses d'eau interlacustres et mécanismes de sortie hors du réseau . . . 18-17
18.8 Estimation des rejets totaux et de la répartition des contaminants provenant des stations de traitement des eaux d'égout municipales dans le bassin des Grands Lacs, 1985 . . . 18-17
18.9 Charges de contaminants toxiques dans la rivière Niagara, 1986 et 1987 . . . 18-18
18.10 Effets sur les populations, les organismes et les tissus d'espèces animales des Grands Lacs . . . 18-21
18.11 Chronologie des espèces sauvages délibérément ou accidentellement introduites dans le milieu aquatique des Grands Lacs et qui ont réussi à se propager . . . 18-25
18.12 Conditions générales projetées pour le bassin des Grands Lacs par suite du doublement du dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre . . . 18-27
18.13 État de santé de l'écosystème du bassin des Grands Lacs . . . 18-28

> « Deux grandes ironies caractérisent les Grands Lacs : premièrement, les personnes qui en sont devenues si tributaires sont celles-là mêmes qui en ont le plus abusé; deuxièmement, en dépit de tous ces abus, les lacs sont restés aussi majestueux que du temps de Melville et même d'Étienne Brûlé, le premier Européen à les admirer des rives de la baie Georgienne, en 1610. »
>
> John Rousmaniere, 1979

INTRODUCTION

Comme ailleurs dans le monde, le bassin des Grands Lacs illustre la tendance moderne à exploiter le milieu jusqu'à son point de rupture. Plusieurs crises ont marqué l'histoire tragique de l'écosystème des Grands Lacs. La première est survenue au début du XX^e^ siècle lorsque la contamination de l'eau potable par les eaux d'égout brutes a provoqué des épidémies mortelles de choléra et de typhoïde. Entre les années 1930 et 1960, la surpêche, l'introduction d'espèces de poissons exotiques et la dégradation de la qualité de l'eau ont décimé les populations indigènes de poissons. Dans les années 1960, les fleurs d'eau (masses d'algues microscopiques) causées par les détergents phosphatés domestiques, les déchets d'origine anthropique et les engrais agricoles inorganiques ont concouru à « tuer » le lac Érié. Parallèlement, les hydrocarbures, les boues organiques et les résidus industriels et municipaux ont pollué maintes zones précôtières à tel point que la rivière Cuyahoga, pour citer un cas bien connu, a littéralement pris feu en Ohio. Plus récemment, il a été établi que les produits chimiques toxiques présents dans le milieu aquatique ont des effets sur la reproduction et entraînent des malformations chez les espèces fauniques et doivent donc être considérés comme dangereux pour la santé.

Les crises qui ont touché les Grands Lacs sont imputables à la croissance démographique et à l'adoption de nouveaux styles de vie. En tant que voie navigable et source de matières premières, le réseau lacustre a joué un rôle de premier plan dans l'essor de la société agricole et industrielle du Nouveau Monde et, à la fin des années 1980, environ 35,1 millions de personnes habitaient la région du bassin (Colborn et collab., 1990). Toutefois, l'écosystème a payé un prix élevé pour sa contribution, soit une dégradation incessante.

Dans le passé, la pollution était considérée comme un prix raisonnable à payer pour le progrès. La société a constaté un peu tard qu'elle ne pouvait plus dissocier la réussite socio-économique du bien-être de l'environnement puisque, ce faisant, elle avait frôlé la catastrophe écologique. Néanmoins, les tendances actuelles justifient un certain optimisme. Les décideurs reconnaissent maintenant que les éléments non biotiques de l'écosystème (les terres, l'air, les eaux de surface, les milieux humides et les eaux souterraines) sont vitaux pour le système biologique, y compris les êtres humains.

L'ÉCOSYSTÈME DU BASSIN DES GRANDS LACS

Selon Moiseev (1988), les Grands Lacs constituent une part importante du patrimoine mondial et représentent l'une des valeurs absolues de notre planète. Un examen des caractéristiques de ce réseau étaye cette affirmation.

Les Grands Lacs sont l'un des plus vastes réseaux lacustres dulcicoles du monde. Le fleuve Saint-Laurent y prend sa source et achemine la plus grande partie de leurs eaux jusqu'à l'Atlantique. Outre les cinq Grands Lacs (Supérieur, Michigan, Huron, Érié et Ontario) et les masses d'eau interlacustres (les rivières St. Marys, St. Clair, Detroit et Niagara et le lac St. Clair), le réseau des eaux de surface comprend 750 000 km de cours d'eau tributaires et, dans les hautes-terres, plus de 80 000 petits lacs dont la superficie combinée est supérieure à celle du lac Érié. Ce vaste réseau contient environ 20 % des réserves mondiales d'eau douce contenues dans les lacs et cours d'eau et draine une superficie de 765 990 km^2. La figure 18.1 présente les Grands Lacs et les terres adjacentes de l'Ontario et des huit États des Grands Lacs; la figure 18.2 résume les caractéristiques physiques des Grands Lacs.

Depuis toujours, les eaux de surface sont exploitées à différentes fins : énergie, pêche, transport, eau potable et loisirs. Bien qu'elles soient l'élément

dominant de l'écosystème très diversifié du bassin des Grands Lacs, elles n'en constituent qu'une composante. Les eaux souterraines, les milieux humides, l'air, le biote et les terres produisent, en association avec les eaux de surface, la richesse et la diversité qui caractérisent le bassin.

Les eaux de surface

Les eaux de surface sont l'élément unificateur naturel de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Elles définissent les limites géographiques du bassin, et la végétation, la faune et la population humaine sont étroitement reliées au volume et à la qualité des eaux de surface.

La dégradation de la qualité de l'eau des lacs est imputable, en partie, aux trois caractéristiques suivantes des eaux de surface :

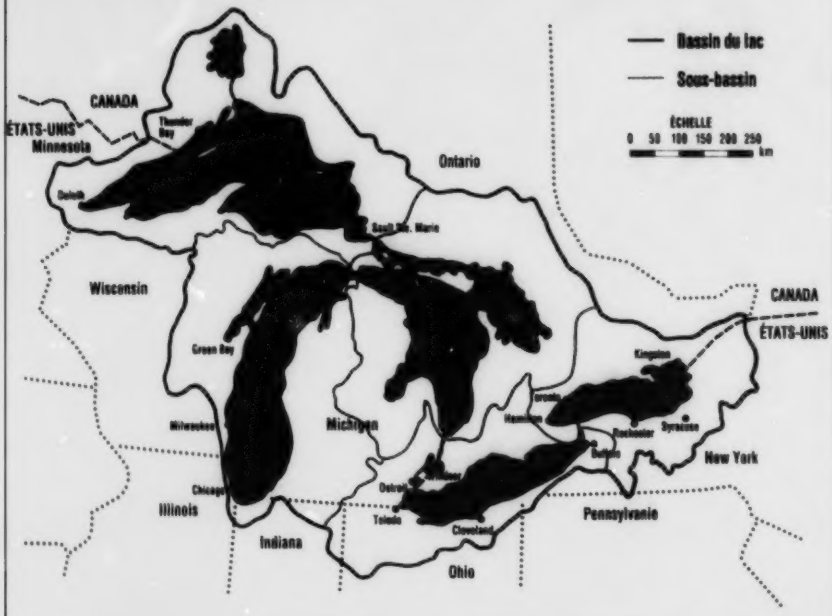
1. Tous les secteurs du bassin hydrographique se trouvent à moins de 320 km de l'un des Grands Lacs et, en plusieurs endroits du côté américain, la superficie drainée ne couvre que quelques kilomètres carrés. Comme les affluents ne sont généralement pas très longs, les contaminants provenant des hautes-terres atteignent rapidement les lacs.

2. Vu leur grande superficie, les Grands Lacs sont vulnérables à la pollution atmosphérique directe; celle-ci est maintenant reconnue comme la principale source des contaminants que l'on trouve dans les lacs d'amont (Supérieur, Michigan et Huron).

3. Les eaux séjournent très longtemps dans les lacs, ce qui entraîne l'accumulation de contaminants dans le réseau. Chaque année, moins de 1 % du volume de l'eau des Grands Lacs s'écoule du réseau par le fleuve Saint-Laurent. Le temps de séjour est de 191 ans dans le lac Supérieur, qui contient plus de la moitié du volume de l'eau du réseau des Grands Lacs, et de 99 ans dans le lac Michigan. Lorsqu'ils sont dans le réseau, les contaminants ont tendance à se lier

FIGURE 18.1

Le bassin des Grands Lacs



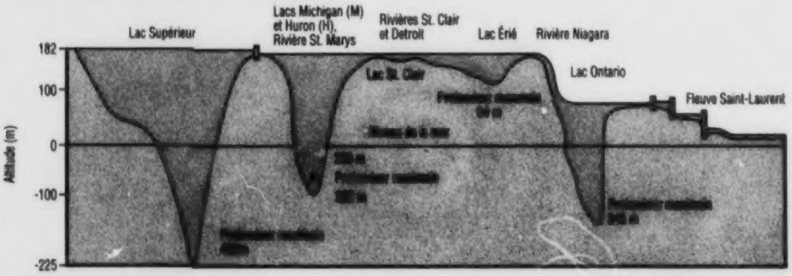
Source : Colborn et collab., 1990.

FIGURE 18.2

Caractéristiques physiques des Grands Lacs

Lac	Superficie du lac (km²)	Profondeur moyenne (m)	Volume (km³)	Temps de séjour (années)
Supérieur	82 100	147	12 100	191
Michigan	57 800	85	4 920	99
Huron	59 600	59	3 540	22
Érié	25 700	19	484	2,6
Ontario	18 960	86	1 640	6

Profil bathymétrique des Grands Lacs



Source : Colborn et collab., 1990.

FIGURE 18.3

Régions atmosphériques d'influence situées à un jour, à trois jours et à cinq jours du bassin des Grands Lacs

Les lignes indiquent l'emplacement médian des rejets de polluants dans l'atmosphère un, trois et cinq jours avant l'arrivée de ces polluants dans le bassin hydrographique des Grands Lacs. Les régions atmosphériques d'influence situées à plus de cinq jours du bassin peuvent également contribuer à l'apport de charges importantes de polluants dans le bassin des Grands Lacs.

Source : Colborn et collab., 1990.

aux particules en suspension et à couler au fond où ils se mélangent aux sédiments lacustres, ou bien ils sont ingérés par divers organismes et intégrés à la chaîne alimentaire. En résumé, les contaminants peuvent persister de nombreuses années dans l'eau, passant de celle-ci à d'autres éléments de l'écosystème et vice versa.

Les eaux souterraines

En 1978, le site d'élimination des déchets dangereux de Love Canal, à proximité des chutes Niagara, a été déclaré zone sinistrée par le président des États-Unis. Depuis, la population a commencé à reconnaître que les eaux souterraines étaient un élément clé de l'écosystème.

En plus de constituer une source directe d'eau pour la consommation humaine, les eaux souterraines alimentent les milieux humides, les cours d'eau et les lacs et, inévitablement, transportent des contaminants de sources très diversifiées jusqu'aux eaux de surface. Leur apport direct au réseau des Grands Lacs est probablement négligeable; toutefois, dans certaines régions, elles pourraient représenter plus de 50 % du débit des cours d'eau tributaires (Hodge, 1989). Dans le sud du bassin, les poissons d'eau froide, notamment la truite, peuvent survivre dans les cours d'eau durant les mois chauds de l'été grâce, surtout, aux sources d'eau froide alimentées par les eaux souterraines (Meisner et collab., 1988).

Lorsque les contaminants ne sont pas retenus par des barrières naturelles ou artificielles, ils peuvent pénétrer dans les eaux souterraines et dégrader considérablement le milieu naturel. Le problème est particulièrement aigu le long de la rivière Niagara, entre les lacs Érié et Ontario, où les substances chimiques transportées par les eaux souterraines et provenant de douzaines d'usines et de sites d'élimination des déchets dangereux constituent la principale source unique des contaminants pénétrant dans la rivière Niagara (Hodge, 1989). Cette contamination a

des répercussions non seulement sur la qualité de l'eau de la rivière Niagara, mais aussi sur les écosystèmes du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, en aval.

Dans le bassin des Grands Lacs, les eaux souterraines fournissent de l'eau potable à quelque 7,5 millions (21 %) des 35,1 millions de résidants (Colborn et collab., 1990). La région de Waterloo, dans le sud de l'Ontario, est la plus vaste région canadienne où l'approvisionnement en eau dépend entièrement des eaux souterraines (J.A. Cherry, Waterloo Centre for Groundwater Research, communication personnelle). S'ils sont supérieurs à la capacité de réalimentation du réseau naturel, les prélèvements d'eau souterraine peuvent entraîner de graves problèmes comme l'épuisement de la nappe souterraine. Bien que la région de Chicago–Milwaukee soit la plus durement touchée (Young et collab., 1986), le pompage excessif de l'eau souterraine semble constituer un problème naissant dans certaines banlieues en expansion du sud de l'Ontario (Pupp et coll., en cours de rédaction).

Le déplacement des eaux de surface peut être mesuré en heures et en jours, mais celui des eaux souterraines peut s'échelonner sur plusieurs siècles. Toute intervention modifiant le volume ou la qualité des eaux souterraines peut influer considérablement sur la qualité de vie des générations à venir.

L'air

L'écosystème du bassin des Grands Lacs subit les effets de nombreux facteurs externes. Ainsi, à la fin des années 1970, des concentrations dangereusement élevées de toxaphène, un insecticide largement utilisé dans le sud des États-Unis pour lutter contre les ravageurs des champs de coton, ont été détectées dans la chair des poissons des Grands Lacs.

Dans les régions soumises à l'influence des Grands Lacs, les polluants atmosphériques peuvent être transportés sur des centaines ou même des milliers de kilomètres par les masses d'air avant de pénétrer dans les lacs plusieurs jours plus tard. La figure 18.3 montre les régions atmosphériques d'influence situées à un jour, à trois jours et à cinq jours du bassin des Grands Lacs. Les lignes indiquent l'emplacement médian des rejets de polluants dans l'atmosphère un, trois et cinq jours avant l'arrivée de ces polluants dans le bassin hydrographique des Grands Lacs. Par exemple, les principaux constituants des dépôts acides, tels l'acide nitrique et le dioxyde de soufre, restent dans l'atmosphère pendant moins d'une journée.

En raison de leur grande superficie, les cinq Grands Lacs et les autres lacs du bassin sont particulièrement vulnérables à la pollution atmosphérique. Le tableau 18.1 énumère les apports de BPC dans les Grands Lacs et la proportion attribuée à la pollution atmosphérique.

Tableau 18.1

Apports de BPC dans les Grands Lacs et proportion attribuée aux dépôts atmosphériques

Lac	Apports totaux (kg/an)	Proportion attribuée aux dépôts atmosphériques	
		directs[a]	indirects[b]
Supérieur	606	90	< 1
Michigan	685	58	< 1
Huron	636	63	15
Érié	2 520	7	6
Ontario	2 540	6	1

[a] Dépôt direct à la surface du lac.

[b] Dépôt dans un cours d'eau d'amont qui se déverse dans l'un des lacs.

Remarque : En raison de la grande superficie du lac Supérieur, 90 % des BPC présents dans le lac proviendraient de dépôts atmosphériques. Les quantités absolues qui entrent dans les Grands Lacs d'amont (Supérieur, Michigan et Huron) sont nettement inférieures à celles qui entrent dans les lacs d'aval (Érié et Ontario). Ces différences sont dues à la plus forte concentration des activités humaines en bordure des lacs d'aval et à la proportion plus grande de la contribution directe des contaminants par le rejet des effluents dans les eaux de surface. Toutefois, même dans les lacs d'aval, l'apport atmosphérique annuel est important. Ces lacs étant plus petits, l'effet de la contamination atmosphérique sur la qualité des eaux est marquée.

Source : Strachan et Eisenreich, 1988.

Les terres

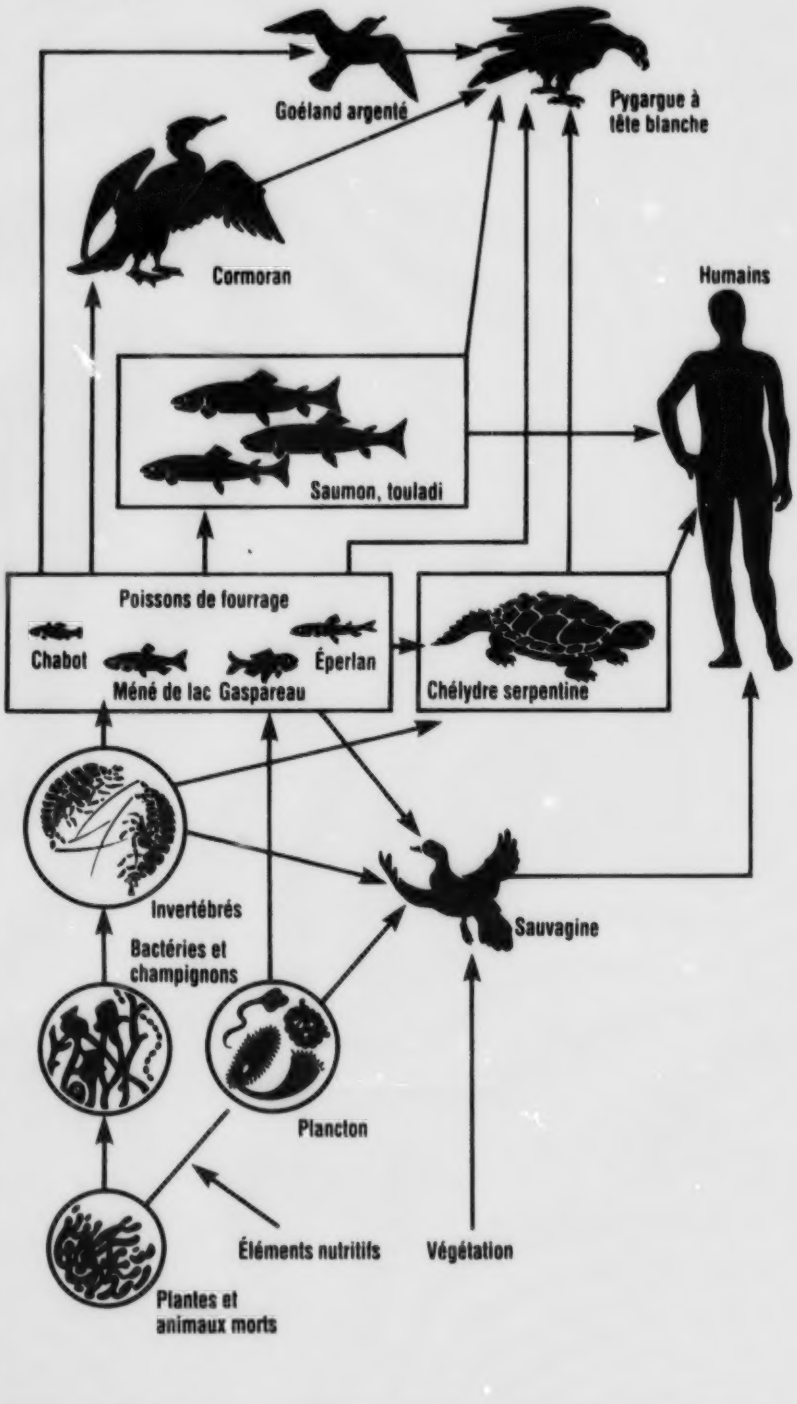
Les terres adjacentes aux Grands Lacs présentent une grande diversité et englobent deux écozones, soit le Bouclier boréal et les plaines à forêts mixtes (voir la figure 5.1 et le tableau 5.1). Dans le nord, une grande partie de la portion canadienne du bassin repose sur les vieilles roches granitiques du Bouclier canadien; dans le sud, on trouve des roches sédimentaires plus récentes. Au cours du dernier million d'années, des calottes glaciaires de 2 km d'épaisseur ont avancé et reculé quatre fois. Sur leur passage, elles ont broyé les roches sous-jacentes et les ont poussées vers le sud, déposant du limon, du sable, du gravier et des blocs erratiques en couches atteignant parfois plus de 100 m d'épaisseur. Lors de leur retrait définitif il y a 12 000 ans, elles ont sculpté les formes du relief actuel, y compris les marmites géantes qui se sont remplies d'eau et qui ont formé les Grands Lacs.

Le Bouclier canadien est caractérisé par de vastes forêts et des milliers de petits lacs. La vieille roche en place et les sols peu profonds sont vulnérables aux effets des dépôts acides. Par contre, au sud du Bouclier, les roches sédimentaires comprennent habituellement des roches carbonatées (calcaire, dolomie) qui neutralisent certains effets des dépôts acides (voir le chapitre 24).

Avec son relief peu accidenté et ses sols riches et tolérants à l'acide, le sud du bassin renferme certaines des

FIGURE 18.4

Représentation simplifiée d'une chaîne alimentaire des Grands Lacs



Source : Gouvernement du Canada, 1991.

meilleures terres agricoles du monde. L'agriculture joue un rôle important pour l'économie régionale, mais elle a aussi contribué à dégrader considérablement le milieu lacustre. L'érosion a détérioré les habitats du poisson, les engrais inorganiques ont entraîné la prolifération d'algues et l'épuisement de l'oxygène dans les lacs, et les produits chimiques utilisés dans les pratiques modernes de culture en ligne ont augmenté la charge de contaminants toxiques dans l'eau.

Le biote

Les plantes et les animaux

Le bassin des Grands Lacs entretient la vie de dizaines de milliers d'espèces de plantes et d'animaux aquatiques et terrestres et, malgré la disparition récente de certaines espèces et des changements dans la composition par espèce, il reste un écosystème productif et diversifié.

La majeure partie de la portion canadienne du bassin est peuplée de forêts mélangées de conifères et de feuillus abritant une faune abondante. Dans les lacs eux-mêmes, le phytoplancton (plantes minuscules), qui a la propriété de transformer l'énergie solaire en composés organiques, forme la base de la chaîne alimentaire.

Les écosystèmes aquatiques et terrestres sont riches et diversifiés; ils sont reliés par de vastes chaînes alimentaires qui assurent le transfert interspécifique de l'énergie, des éléments nutritifs et des contaminants toxiques. La figure 18.4 présente une chaîne alimentaire simplifiée des Grands Lacs et montre les relations qui existent entre les humains et certaines espèces bien connues comme le touladi, le saumon, le goéland argenté et le pygargue à tête blanche.

Pour les organismes vivants, la chimie du milieu ambiant a la même importance critique que la disponibilité d'un habitat physique adéquat et la présence d'espèces compatibles. La perte d'habitats, en particulier de milieux humides, la modification des caractéris-

tiques physiques de ceux-ci, de même que la perturbation de la répartition des espèces par la surexploitation et l'introduction d'espèces exotiques demeurent des sujets de préoccupation majeurs dans le réseau des Grands Lacs. Le changement climatique pourrait soulever des préoccupations encore plus grandes, car les modifications des régimes de température et d'humidité altéreront probablement de nombreux types d'habitat.

[illegible] 18.2

Bassin hydrographique et densité démographique de chacun des Grands Lacs (Canada et États-Unis combinés)

Lac	Bassin hydrographique (km²)	Population (1986)	Densité démographique (résidents/km²)
Supérieur	127 700	663 465	5,2
Michigan	118 000	12 051 200	102,1
Huron	134 100	2 461 115	18,4
Érié	78 000	12 532 770	160,7
Ontario	64 030	7 375 280	115,3
Total	**521 830**	**35 083 830**	**67,2**

Source : Colborn et collab., 1990.

L'élément humain

De l'avis des premiers explorateurs européens, certaines parties des Grands Lacs étaient si tempérées et fertiles et d'une telle beauté qu'elles étaient considérées comme le paradis terrestre de l'Amérique du Nord (Allan, 1985). Les colons européens n'ont pas tardé à transformer ce paradis en un lieu fort différent.

La vitesse à laquelle s'est produite cette transformation est mise en évidence par les statistiques suivantes. Selon Champlain, avant 1634, quelque 30 000 indigènes peuplaient l'actuel sud de l'Ontario, chiffre confirmé par les documents archéologiques sur cette époque. En 1639, les populations indigènes de la région, décimées par des épidémies de maladies européennes (probablement la rougeole, la grippe et la variole) ne comptaient plus que 12 000 survivants (Heidenreich, 1987; Wright, 1987).

Impatients de créer un « Nouveau Monde » et animés du sens de l'opulence qui régnait à ce moment-là, les pionniers des Grands Lacs ont amorcé le processus de dégradation de l'environnement. Le passage récent d'une économie régionale axée sur l'extraction des ressources à des fins de subsistance à une économie axée sur un complexe industriel et tertiaire ayant des ramifications internationales a accéléré le rythme et l'ampleur des changements subis par l'environnement. Les colons ont asséché plus des deux tiers des milieux humides initiaux, qui grouillaient jadis de vie, afin d'accroître la superficie des terres agricoles et des centres urbains ou simplement pour éliminer les marécages; ils ont érigé des barrages sur des milliers de cours d'eau afin d'assurer l'approvisionnement en eau, l'irrigation des terres, l'alimentation des moulins et la production d'énergie; ils ont récolté de vastes forêts pour obtenir du bois d'œuvre et ont transformé les terrains en champs; ils ont surexploité et fait disparaître des espèces de poissons autrefois abondantes et ont détruit l'habitat d'autres poissons; ils ont aménagé des corridors de transport et construit des ports et des villes, éliminant ainsi de grandes étendues d'habitats fauniques et floristiques. C'est au milieu de cette destruction de l'environnement que s'est développée l'une des régions industrielles et agricoles les plus productives du monde, avec un produit intérieur brut annuel combiné de plus d'un trillion de dollars (Davidson et Hodge, 1989).

L'utilisation considérable de produits chimiques au cours des 40 dernières années est l'un des principaux facteurs à l'origine de la transformation des lacs. Elle a influé sur tous les aspects de la vie quotidienne et a eu des répercussions sur l'ensemble de l'écosystème. De nouveaux polluants ont été massivement rejetés dans l'atmosphère, dans l'eau et sur les terres.

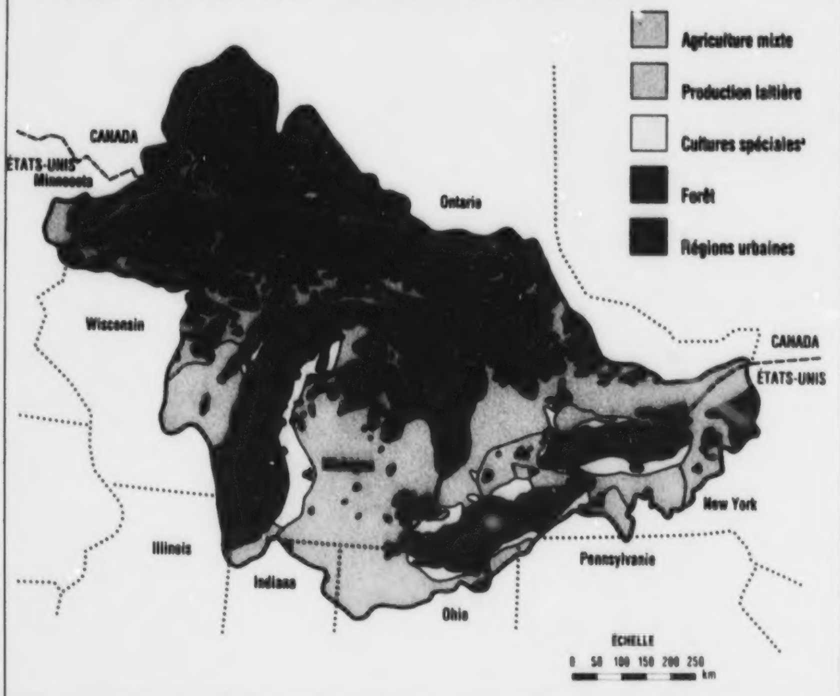
Tous ces changements ont été accompagnés d'une croissance démographique : la population est passée de 100 000 indigènes dispersés un peu partout dans le bassin au début des années 1600 (Environnement Canada et collab., 1988) à 35,1 millions d'habitants en 1986, dont 7,8 millions de Canadiens (31 % de la population canadienne) et 27,3 millions d'Américains (11,5 %). La population continuera sans doute d'augmenter à mesure que le développement se poursuivra dans le bassin. En 1986, la proportion des résidants canadiens du bassin des Grands Lacs vivant en milieu urbain s'élevait à 84 %. La situation était semblable du côté américain. Ces modèles se traduisent par les différentes densités démographiques dans les régions adjacentes à chacun des Grands Lacs (tableau 18.2).

Les modèles actuels d'utilisation des terres sont indiqués à la figure 18.5. Tous ces aspects des activités humaines — exploitation forestière dans le nord, agriculture dans le sud et concentration de l'industrie, de la population et de l'infrastructure en bordure des lacs, y compris la production d'énergie et les services de transport — continuent de modifier l'environnement.

UN ÉCOSYSTÈME AGRESSÉ

Les écosystèmes subissent un large éventail d'agressions d'origine naturelle ou anthropique qui, pour des raisons de commodité, peuvent être classées dans cinq catégories distinctes (tableau 18.3). Ces agressions étant souvent simultanées, il est difficile pour

Utilisation des terres dans le bassin des Grands Lacs



[a] Les cultures spéciales comprennent les fruits et le tabac.
Source : Colborn et collab., 1990.

les personnes chargées d'évaluer l'état de l'environnement de bien distinguer les causes et les effets. De plus, les données quantitatives pertinentes et fiables sont rares; il faut donc s'appuyer sur des preuves anecdotiques de changements environnementaux. Par ailleurs, dans un réseau complexe comme celui des Grands Lacs, l'évaluation devrait reposer non seulement sur des chiffres « indiscutables », mais aussi sur le jugement.

Pour faciliter l'évaluation de l'état de l'environnement, les chercheurs ont établi certains indicateurs biologiques qui précisent à quel moment un écosystème est agressé (tableau 18.4). Dans le bassin des Grands Lacs, presque tous ces indicateurs sont présents, y compris l'altération de la productivité biologique, la diminution de la diversité des espèces, la modification de la composition par espèce et les changements vers des espèces plus opportunistes. La présente section traite de façon plus détaillée des agressions subies par l'écosystème du bassin des Grands Lacs et ses réactions.

La perte d'habitats

« Il n'y a que des marécages à perte de vue », s'émerveillait Jacques Sabrevois en 1718, devant l'embouchure de la rivière Maumee, située dans le marais Black qui recouvrait autrefois presque toute l'extrémité ouest du lac Érié. « Dans ces marais, le gibier abonde à longueur d'année et plus particulièrement à l'automne et au printemps : on ne peut donc dormir en raison du bruit causé par les cris des cygnes, des outardes, des oies, des canards, des grues et d'autres oiseaux. »

Depuis l'époque de Sabrevois, les deux tiers de tous les milieux humides du bassin des Grands Lacs, où la production biologique est la plus forte, ont été détruits (Colborn et collab., 1990). Le tableau 18.5 résume les pertes estimatives d'habitats dans différentes parties du bassin.

Les milieux humides continuent de disparaître dans le sud-ouest de l'Ontario. De 1967 à 1982, 26 % de la superficie initiale des milieux humides a disparu dans le comté de Kent, et entre 10 et 20 % dans les comtés d'Essex, de Lambton et de Middlesex (Snell, 1987). De 1965 à 1984, 30 % des milieux humides littoraux du lac St. Clair ont été perdus (McCullough, 1985). Dans la portion canadienne du lac Ontario, 43 % des milieux humides ont été détruits, les pertes atteignant jusqu'à 75 % dans les zones urbaines (Whillans, 1982).

Les milieux humides existants sont essentiels aux poissons (Stephenson, 1990) et aux autres espèces sauvages. Certaines espèces dépendent totalement des milieux humides; d'autres les utilisent durant les stades critiques de leur cycle biologique. Les milieux humides côtiers des lacs d'aval (Érié et Ontario) sont particulièrement importants pour la sauvagine au moment des migrations; ils fournissent aux oiseaux des populations des voies migratoires du Mississippi et de l'Atlantique la plus vaste et la meilleure aire d'alimentation au sud de la baie James (McCullough, 1985). Ils procurent aussi un habitat de nidification et d'alimentation à la faune indigène des lacs d'aval. La perte d'habitats palustres a été l'une des principales raisons pour lesquelles 12 espèces végétales et animales ont été incluses dans la *Loi sur les espèces en voie de disparition* de l'Ontario; toutes ces espèces fréquentent un milieu humide durant une partie de leur cycle biologique. Enfin, les milieux humides constituent également un habitat de frai et d'élevage pour maintes espèces de poissons de fourrage. Par conséquent,

Agressions d'origine naturelle et anthropique subies par l'écosystème

Agression	Exemple
Processus naturel	• phénomènes météorologiques (vent, orages, pluie, inondation, sécheresse, cycles de gel et de dégel) • incendies dans les forêts, les pâturages et les marais • maladies, parasites et autres facteurs provoquant des changements naturels chez les populations fauniques et floristiques
Apport ou charge de substances, de chaleur, de radionucléides, etc.	• rejet de phosphore, d'azote et d'autres éléments nutritifs qui servent d'engrais aux plantes, y compris le phytoplancton lacustre • rejet d'un vaste éventail de produits chimiques, y compris des pesticides, sur les terres, dans l'air et dans l'eau • sous-produits et déchets industriels, urbains et associés au transport • dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre • érosion et sédimentation • rejets thermiques dans l'air ou dans l'eau
Restructuration du milieu physique et changement dans l'utilisation des terres	• construction de barrages et de digues, dragage, remblayage ou autres modifications des voies d'eau et des lacs • protection des rives (épis, brise-mer et modifications comme la construction portuaire) • défrichement des forêts et des terres broussailleuses à des fins agricoles ou industrielles et à des fins d'établissement • assèchement des milieux humides, travaux d'excavation et d'aménagement
Extraction et exploitation des ressources renouvelables et non renouvelables	• prélèvements d'eau (en surface ou dans des puits), dérivations et consommation • foresterie commerciale • pêche (commerciale, sportive ou de subsistance), chasse, piégeage • extraction des minéraux et des matériaux de construction
Introduction d'organismes exotiques	• importation volontaire de plantes ou d'animaux, y compris l'empoissonnement des lacs avec des poissons exotiques • introduction accidentelle de nouvelles espèces par la construction de canaux, l'échappement des aquariums, le transport dans la coque des navires, dans les eaux de lest, etc. • présence, chez les espèces exotiques, d'organismes pathogènes qui se propagent aux espèces indigènes

Sources : Rapport et Friend, 1979; Rapport, 1983; Bird et Rapport, 1986; Regier, 1988; Colborn et collab., 1990.

toute perte ultérieure de milieux humides pourrait menacer sérieusement les activités de pêche existantes.

Les déchets municipaux, l'enrichissement en éléments nutritifs et l'eutrophisation

En 1882, la fièvre typhoïde, le choléra et d'autres maladies semblables provoquaient la mort de 180 personnes par tranche de 100 000 en Ontario. La raison était fort simple : à l'époque, dans les villes, les prises d'eau potable étaient habituellement aménagées près des exutoires d'égout; ainsi, à Sarnia, les prises étaient séparées de 45 m seulement des exutoires (Koci et Munchee, 1984). La société a réagi à la première grande crise environnementale dans le bassin en installant les prises d'eau plus loin dans les lacs ou dans la partie amont des cours d'eau et, plus tard, en chlorant les réserves d'eau potable contaminées par les eaux d'égout (Steedman, 1986). À Toronto, la chloration a débuté en 1910 et a immédiatement entraîné une forte diminution du nombre de victimes de la fièvre typhoïde, de la tuberculose et de la mortalité infantile. Les épidémies ont été enrayées et les problèmes bactériens ont semblé être réglés. Or, il n'en était rien. À la fin des années 1940 et au début des années 1950, des études menées par la Commission mixte internationale ont révélé que, dans certaines régions, les concentrations de bactéries étaient trois fois supérieures à celles mesurées au début du siècle. La chloration avait masqué le problème au lieu de le régler. Il a fallu que survienne une autre crise fort différente pour que les autorités entreprennent la décontamination de toutes les eaux usées municipales, laquelle est loin d'être terminée aujourd'hui.

Dans les années 1960, certaines parties du lac Érié prirent une teinte vert pâle. La prolifération des algues bleu-vert dans les eaux libres était à l'origine de ce verdissement anormal, signe avant-coureur d'un désastre écologique. À la même époque, des masses vertes et gluantes d'algues filamenteuses *(Cladophora)* en décomposition recouvrirent les plages, tandis qu'en eau plus profonde, les algues en décomposition tombées au fond du lac consommaient de l'oxygène jusqu'à l'épuisement de cet élément (anoxie). Les éphémères communes et d'autres espèces disparurent et furent remplacées par des espèces moins désirables, comme les vers de vase. Les algues envahirent les frayères des hauts-fonds. Il y eut une

TABLEAU 18.4

Caractéristiques biologiques typiques d'un écosystème agressé

1. Réduction du nombre d'espèces indigènes et de la diversité des espèces
2. Retour à des communautés écologiques instables à long terme et à un stade antérieur de succession habituellement bouleversé et non typique de la région en question
3. Changement vers des espèces plus opportunistes
4. Réduction de la taille moyenne du biote dominant
5. Altération rapide et anormale de la quantité de biomasse vivante ou morte
6. Diminution de la productivité biologique
7. Modification de la production d'énergie primaire et du flux énergétique dans le système
8. Vulnérabilité plus grande à la maladie (sauf dans les cas où l'agression affaiblit l'agent pathogène plutôt que l'hôte)
9. Changements dans les stocks d'éléments nutritifs minéraux

Sources : Bird et Rapport, 1986; Herricks et Schaeffer, 1987.

TABLEAU 18.[illegible]

Pertes de milieux humides dans le bassin des Grands Lacs

Province ou État	Pertes de milieux humides[a] dans le bassin des Grands Lacs
Ontario	90 % dans les comtés d'Essex, de Kent et de Lambton (sud-ouest de l'Ontario); 68 % dans les régions au sud du Bouclier canadien; 39 % sur le littoral du lac St. Clair (1910–1978); 35 % sur le littoral des lacs Érié et Ontario
Illinois	90 %
Indiana	86 % dans les régions étudiées et 71 % dans le nord de l'État
Michigan	71 %
Minnesota	76 % (depuis 1953)
New York	aucune évaluation globale
Ohio	la presque totalité des 3 885 km^2 du marécage Black
Pennsylvanie	aucune évaluation globale
Wisconsin	50 %

[a] Les estimations de l'Ontario remontent à 1800, à moins d'indication contraire; les estimations américaines ont été faites à l'échelle de l'État et remontent à la période précolonisatrice, à moins d'indication contraire.

Sources : McCullough, 1985; Snell, 1987; Weller, 1988; Colborn et collab., 1990.

diminution soudaine des espèces aquatiques résidantes, ce qui laissait croire que le lac Érié était en train de « mourir ». Or, il succombait à une pullulation d'algues due à des conditions eutrophes (surabondance d'éléments nutritifs).

Le processus de fertilisation qui entraîne une productivité élevée et un accroissement de la biomasse dans un réseau aquatique est appelé eutrophisation. L'apport d'éléments nutritifs comme le phosphore, l'azote et le potassium accélère la croissance des algues de la même manière que les engrais favorisent la pousse du gazon. Dans les Grands Lacs d'aval et dans plusieurs baies et chenaux, l'écosystème aquatique existant a été remplacé par un autre.

On avait toujours supposé que, en raison de leur immensité, les lacs ne pouvait être perturbés que localement et non complètement par les activités humaines. Par suite de l'apparition des fleurs d'eau dans le lac Érié, les planificateurs ont abandonné cette théorie rassurante et, en 1972, le Canada et les États-Unis ont signé le premier Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Cet accord visait à limiter les charges de phosphore en réduisant la teneur en phosphore des détergents à lessive et en diminuant les apports de phosphore de sources ponctuelles, c'est-à-dire de sources distinctes et repérables comme les exutoires des égouts municipaux et les conduites d'évacuation des effluents industriels.

Les charges provenant de sources ponctuelles ont été considérablement réduites depuis 1972, grâce surtout à l'amélioration des stations de traitement des eaux usées (Commission mixte internationale, 1987*a*). À ce jour, les gouvernements canadien et américain ont dépensé plus de 9 milliards de dollars à ce chapitre et les charges ont fortement diminué, ce qui représente un franc succès à l'échelle internationale.

En raison de la réduction des charges provenant de sources ponctuelles, le programme a été élargi en 1983 : on s'est engagé à réduire les apports de sources non ponctuelles comme le drainage agricole et le ruissellement urbain. Les charges provenant de ces sources sont difficiles et coûteuses à éliminer, tant au plan technique que social; il faudra donc beaucoup plus de temps pour obtenir des réductions significatives.

La réduction des concentrations de phosphore total dans les eaux libres des lacs reflète clairement les diminutions importantes des charges de phosphore (figure 18.6). Le lac Érié, qui est le plus méridional, le plus chaud et le plus productif des Grands Lacs, est celui qui se remet le mieux de l'eutrophisation, avec une réduction d'environ 60% des concentrations de phosphore depuis 1983 (figure 18.7). Il n'y a plus de fleurs d'eau mais l'épuisement de l'oxygène dans les couches d'eau profonde suscite encore des inquiétudes.

Bien que les concentrations de phosphore dans les eaux libres aient fortement diminué au cours des 20 dernières années, les teneurs en éléments nutritifs continuent d'augmenter dans maintes zones précôtières. Parmi les 43 secteurs de préoccupation définis par la Commission mixte internationale, 32 sont caractérisés par de fortes concentrations de phosphore, dont 13 des 17 secteurs canadiens, et 21 sont marqués par l'épuisement de l'oxygène dissous dans l'eau (Commission mixte internationale, 1987*a*). En outre, de nombreux lacs et tributaires de l'intérieur sont encore dégradés en raison de l'enrichissement en éléments nutritifs. C'est le cas dans le sud-ouest de l'Ontario et dans la portion américaine du bassin des Grands Lacs, où l'agriculture est intensive et où les petites agglomérations continuent de rejeter dans les lacs des eaux d'égout non traitées (Colborn et collab., 1990).

Le problème du phosphore s'est stabilisé ces 20 dernières années, mais la concentration de composés azotés a augmenté dans tous les lacs et soulève actuellement de plus en plus de préoccupations (figure 18.8). La concentration accrue de composés azotés dans les Grands Lacs d'aval serait principalement due à une plus grande utilisation d'engrais, tandis que dans les Grands Lacs d'amont, elle serait surtout attribuable aux dépôts atmosphériques directs (les précipitations acides, p. ex.) (Barica, 1987).

La modification actuelle du rapport azote–phosphore pourrait avoir des répercussions sur le phytoplancton et des effets importants sur la dynamique de la chaîne alimentaire (Commission mixte internationale, 1989). Il est à craindre que, si la surveillance du

phosphore est relâchée, l'azote en excès présent dans le réseau sera à l'origine d'une grave eutrophisation (Bennett, 1986).

L'eutrophisation, ou enrichissement en phosphore et en azote, est un simple mécanisme d'agression–réaction dans lequel l'agression chimique et la réaction biologique résultante peuvent être clairement définies. C'est la réaction biologique (amoncellement d'algues en décomposition sur les plages et disparition d'autres formes de vie aquatique) qui a finalement entraîné l'adoption de mesures de redressement. Les humains ont exercé un contrôle sur la source d'agression et, partant, sur l'écosystème.

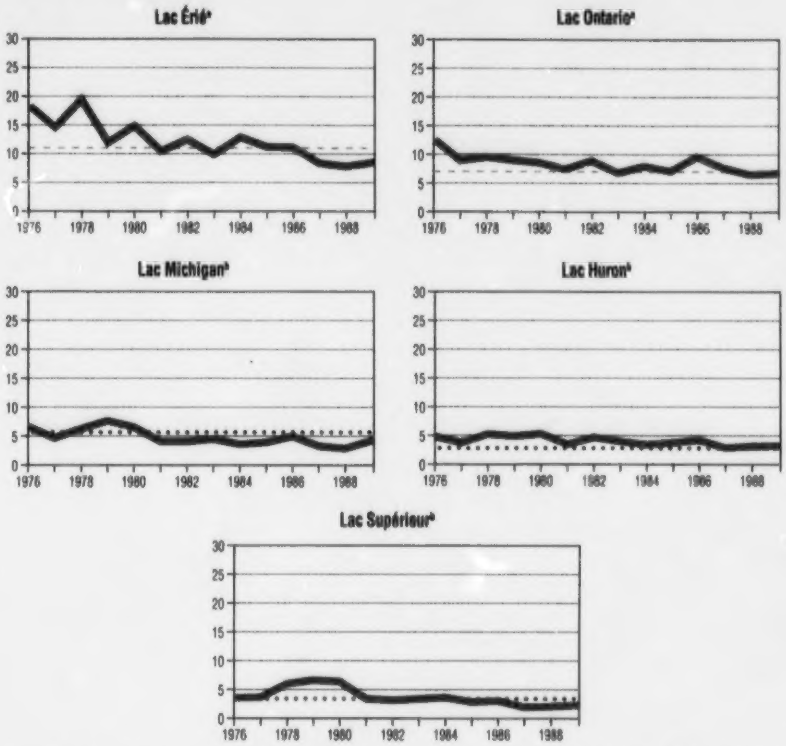
Les contaminants toxiques

La Commission mixte internationale a détecté la présence de 362 substances chimiques potentiellement toxiques dans les eaux du bassin. Une véritable soupe chimique! Ces substances peuvent être toxiques pour les plantes, les animaux et les humains. Onze d'entre elles (tableau 18.6) ont été décrites comme étant des polluants dangereux susceptibles d'avoir des effets nocifs, et souvent irréversibles, sur un vaste éventail de mammifères et d'espèces aquatiques (Commission mixte internationale, 1987*a*). Les plantes et les animaux ont tendance à absorber et à emmagasiner les contaminants toxiques dans leurs tissus (bioaccumulation); les contaminants ont également tendance à se concentrer dans les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire (bioamplification). Il en résulte donc une menace d'autant plus grande pour la santé humaine et l'écosystème aquatique. Les 11 polluants dangereux persistent à des concentrations inacceptables; pour cette raison, elles ont été jugées d'intérêt prioritaire par la Commission mixte internationale et traitées suivant la « voie primaire ».

La décontamination et la lutte contre la pollution sont une tâche ardue. Les sources de contaminants toxiques sont multiples : tous les jours, les industries, les municipalités et les particuliers rejettent des contaminants chimiques dans le réseau, lesquels s'ajoutent à un éventail déjà très large.

FIGURE 18.8

Charges estimatives de phosphore total dans les Grands Lacs, en milliers de tonnes



[a] Pour les lacs Érié et Ontario, les lignes en tirets représentent les charges de phosphore (11 000 t/an et 7 000 t/an, respectivement) correspondant aux objectifs énoncés dans le supplément sur la réduction de la charge de phosphore, annexe 3 de l'Accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

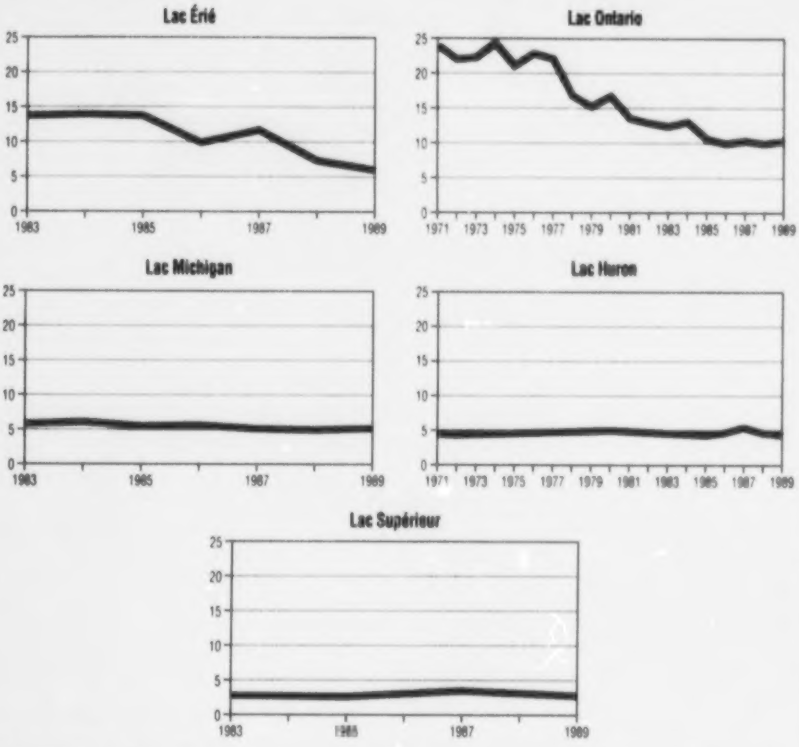
[b] Les lignes en pointillés représentent les charges qui serait obtenues si toutes les stations de traitement des eaux usées municipales d'une capacité de production supérieure à 3,8 millions de litres par jour limitaient leurs rejets de phosphore à 1 ppm. Pour atteindre ce but, les charges cibles pour les lacs Huron, Michigan et Supérieur seraient de 2 800, 5 600 et 3 400 t/an, respectivement.

Source : Soumis par Dave Dolan, Commission mixte internationale, Windsor.

Dans certains secteurs des Grands Lacs, des substances chimiques autres que celles traitées suivant la voie primaire par la Commission mixte internationale ont été jugées potentiellement dangereuses. Dans sa mise à jour de 1990, le Niagara River Coordinating Committee a relevé la présence ou l'apport de 342 substances chimiques dans la rivière Niagara; de ce nombre, 17 substances chimiques rémanentes dont les concentrations étaient supérieures aux normes les plus strictes ont été jugées d'intérêt prioritaire pour la prise de mesures immédiates et 70 autres ont été soumises à une surveillance hebdomadaire (Niagara River Coordinating Committee, 1990). Les répercussions d'un grand nombre d'entre elles sur la qualité de l'environnement et la santé sont mal connues. En ce qui a trait au lac Ontario, des données portant sur 42 substances chimiques ont été recueillies et évaluées. Onze de ces substances ne respectent pas les normes et ont été jugées d'intérêt prioritaire pour la prise de mesures. Ces contaminants toxiques d'intérêt prioritaire

FIGURE 18.7

Concentrations de phosphore total dans les eaux libres des Grands Lacs, en ppb



Source : Soumis par Dave Dolan, Commission mixte internationale, Windsor.

figurent sur la liste des polluants dangereux de la Commission mixte internationale (Comité des toxiques du lac Ontario, 1989). Beaucoup d'autres substances chimiques sont présentes dans le lac Ontario, et des travaux sont en cours afin d'en dresser un inventaire complet.

Les personnes chargées d'évaluer l'état de l'écosystème doivent d'abord dresser des inventaires des substances chimiques présentes dans le réseau, ce qui est une tâche énorme en soi. Elles doivent ensuite déterminer si les concentrations de contaminants augmentent ou diminuent dans le réseau et évaluer leurs répercussions sur le biote, ce qui représente un défi encore plus complexe.

Sur la piste des charges de contaminants

Quelque part dans la roche en place, en dehors des limites de la décharge de déchets toxiques de Hyde Park, à Niagara Falls (État de New York), entre 36 et 75 t de BPC se dirigent inexorablement vers la rivière Niagara. Ils l'atteindront un jour ou l'autre et accroîtront la charge toxique existante dans le réseau des Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent, en aval.

Le cycle des polluants chimiques dans l'écosystème se divise en trois étapes, soit l'entrée, la migration et la sortie par des voies diverses (tableau 18.7). En principe, on devrait pouvoir suivre l'évolution ou le devenir d'un polluant dans le réseau. Le modèle du « bilan massique », combinant des estimations des contaminants qui entrent et migrent dans le réseau et qui en sortent, permet de suivre les contaminants. Si les apports sont supérieurs aux sorties, les polluants s'accumulent et leur concentration augmente. Les chercheurs ont calculé le bilan massique de quatre polluants dangereux reconnus par la Commission mixte internationale : les BPC, le plomb alkylé, le benzo[a]pyrène et le DDT (Commission mixte internationale, 1987*b*).

Malheureusement, l'absence de données dures limite l'application pratique de la méthode du bilan massique. La surveillance exercée en Ontario conformément à la Stratégie municipale et industrielle de dépollution permettra d'améliorer considérablement la base de données sur les sources ponctuelles et les eaux de surface du côté canadien, mais des lacunes importantes persisteront, notamment en ce qui a trait aux rejets provenant de sources non ponctuelles (ruissellement urbain et agricole, rejets dans les eaux souterraines, dépôt atmosphérique). Pour déterminer les mesures prioritaires à prendre afin de réduire les contaminants, il faut connaître les apports relatifs de toutes les sources, ce qui n'est pas le cas actuellement. Les données existantes se limitent à certaines activités ou à des régions géographiques données. Par exemple, pour déterminer les charges estimatives de contaminants provenant des stations de traitement des eaux usées municipales, le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs de la Commission mixte internationale a dû extrapoler les données de 20 % seulement des 1 199 stations municipales qui rejettent leurs effluents directement dans les Grands Lacs (tableau 18.8). Ces données ont été recueillies en 1985 et aucune tendance historique n'a été établie.

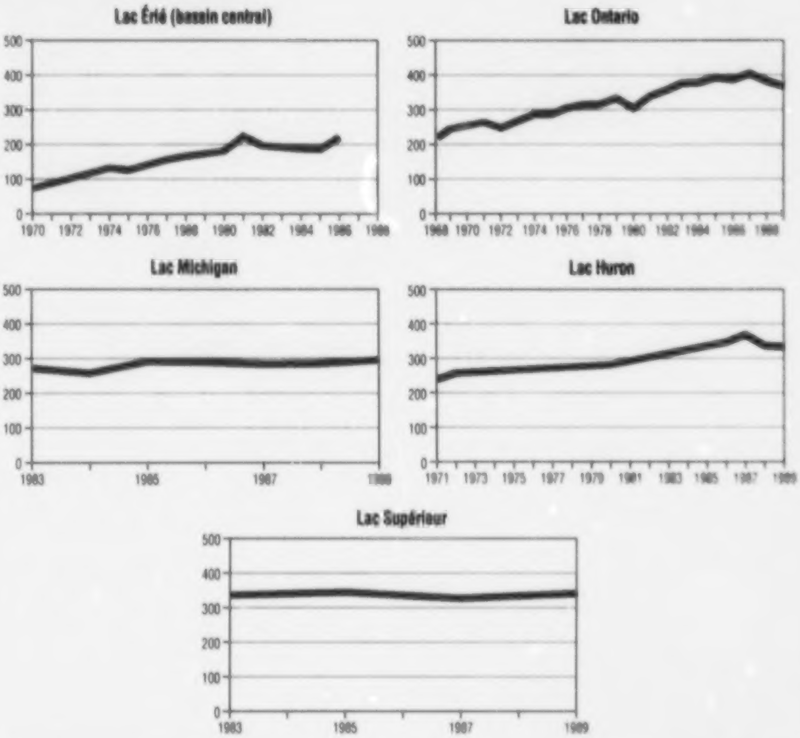
L'étude binationale sur les chenaux de navigation reliant les Grands Lacs d'amont comprend un sommaire des charges provenant des principales sources ponctuelles et non ponctuelles ainsi que des tributaires des rivières St. Marys, St. Clair et Detroit (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Selon cette étude, presque tous les

contaminants proviennent principalement de sources ponctuelles, même si la plupart des rejets sont réglementés; dans les masses d'eau interlacustres, le trop-plein des égouts unitaires constitue la principale source de contaminants. Les charges provenant de sources non ponctuelles, associées surtout au ruissellement des eaux urbaines et agricoles, peuvent être localement importantes mais, d'après l'étude, ces apports n'ont pas été quantifiés avec précision.

Rien n'illustre mieux l'incertitude actuelle qui entoure l'évaluation de la gravité de la contamination toxique du réseau que le rejet, dans la rivière Niagara, de contaminants toxiques provenant de lieux d'élimination de déchets dangereux. Une première tentative d'estimation préliminaire de ces charges a été faite en 1988 (Gradient Corporation and GeoTrans Inc., 1988). Du côté américain, 215 sites d'élimination de déchets dangereux se trouvent dans le bassin hydrographique de la rivière Niagara, dont 164 sont à moins de 5 km de la rivière. Il y a 70 sites groupés en 30 « grappes » qui présentent un danger potentiel pour la Niagara. Chaque jour, 315 kg de produits chimiques toxiques provenant de ces sources atteignent la rivière. Les données sur lesquelles reposent ces estimations sont limitées, et la charge pourrait être, en fait, beaucoup plus élevée. À eux seuls, les quatre principaux sites couverts par le Superfund dans la région (Love Canal, 102nd Street, S-Area et Hyde Park) contiennent 304 000 t de déchets chimiques. Tous sont reliés à la Niagara par les eaux souterraines et caractérisés par une migration des contaminants, comme dans le cas de Hyde Park (Brooksbank, 1987). Huit autres sites présentent un potentiel de migration des substances toxiques ou sont reliés au lac Érié ou à la rivière Niagara par les eaux souterraines. Aucun des 17 sites situés du côté canadien de la rivière ne contribuerait au rejet de substances chimiques toxiques figurant sur la liste des mesures prioritaires pour la rivière Niagara (M. Goffin, Environnement Canada, communication personnelle).

FIGURE 18.8

Concentrations de nitrites et de nitrates dans les eaux libres des Grands Lacs, en ppb



Source : Soumis par Dave Dolan, Commission mixte internationale, Windsor

Le tableau 18.9 résume les résultats d'une évaluation préliminaire des charges de contaminants rejetées dans la Niagara et provenant de sources ponctuelles et non ponctuelles. Les charges les plus probables transportées par les eaux souterraines indiquent que l'apport courant de contaminants par les eaux souterraines est à peu près égal à l'apport courant de contaminants de toutes les sources ponctuelles combinées; cette estimation n'inclut pas les contaminants rejetés dans les eaux souterraines par des usines d'aval adjacentes à la Niagara, qui peuvent également poser un grave problème.

Il ressort de ces exemples que la base de données sur les charges de contaminants est limitée. Dans de nombreux cas, nous ne connaissons pas les sources ni le devenir des polluants. La question des charges met en évidence une sérieuse lacune dans le régime de gestion de l'ensemble du bassin des Grands Lacs. Cela dit, le programme de surveillance de la Niagara permet d'effectuer une excellente quantification des produits chimiques toxiques en Amérique du Nord.

La bioamplification des contaminants

Les concentrations de contaminants dans les eaux de surface donnent une idée incomplète des contaminants toxiques et de l'état de santé de l'écosystème. Au départ, les molécules de contaminants ne persistent généralement pas longtemps sous forme indépendante dans les eaux de surface (Mackay, 1989). Si elles ne sont pas détruites, elles se lient à des particules (vivantes ou non) et se mélangent aux sédiments de fond, ou bien elles sont

TABLEAU 18.8

Liste des 11 polluants dangereux de la voie primaire de la Commission mixte internationale

Produit chimique	Production et rejet	Source
TCDD TCDF	Involontaires Involontaires	Formés dans la fabrication d'herbicides utilisés en agriculture et dans l'aménagement des pâturages et des forêts. Aussi sous forme de sous-produits de la combustion des additifs chlorés dans les combustibles fossiles et des déchets renfermant du chlore; dans la production de PCP, et dans les procédés de production des pâtes et papiers utilisant un agent de blanchiment au chlore. La 2,3,7,8-TCDD est le plus toxique des 75 congénères (formes) de dibenzodioxines polychlorées, et le 2,3,7,8-TCDF est le plus toxique des 135 congénères des dibenzofuranes polychlorés.
Benzo[a]pyrène	Involontaires	Produit de la combustion incomplète des combustibles fossiles et du bois, y compris les incendies de forêt, les grils (cuisson au charbon de bois), les gaz d'échappement des véhicules automobiles et l'incinération des déchets. Constitue l'une des grandes familles d'HAP.
DDT et ses métabolites, dont le DDE	Volontaires	Insecticide fort utilisé dans la répression des moustiques sous les tropiques.
Dieldrine[a]	Volontaires	Insecticide largement utilisé à une certaine époque, surtout sur les fruits.
HCB	Involontaires	Sous-produit de la combustion des combustibles contenant des additifs chlorés, de l'incinération des déchets renfermant des substances chlorées et des procédés de fabrication utilisant du chlore. Détecté sous forme de contaminant dans les pesticides chlorés.
Plomb alkylé	Volontaires	Utilisé comme additif à carburant ainsi que dans la soudure, les conduites et la peinture.
	Involontaires	Libéré durant la combustion de l'essence au plomb, des déchets et des cigarettes, et présent dans les conduites, les boîtes de conserve et les éclats de peinture.
Mirex[b]	Volontaires	Produit ignifuge et pesticide utilisé dans la lutte contre les fourmis de feu. Se dégrade en un produit plus toxique, le photomirex, en présence de la lumière solaire. Les sources existantes sont les résidus des sites de production, les déversements et les décharges.
Mercure	Volontaires	Utilisé en métallurgie.
	Involontaires	Sous-produit des chlore-alkalis, de la peinture et des procédés de fabrication de l'équipement électrique. Aussi présent à l'état naturel dans les sols et les sédiments. Les rejets dans le milieu aquatique peuvent être accélérés par le dépôt de sulfates (c.-à-d. les dépôts acides).
BPC[c]	Volontaires	Fluides isolants utilisés dans les transformateurs et les condensateurs électriques et dans la production de fluides hydrauliques, de lubrifiants et d'encres. Étaient autrefois utilisés comme dispersant de pesticide. Les BPC regroupent 209 formes dont la toxicité varie.
	Involontaires	Rejetés dans l'environnement principalement par des fuites, des déversements accidentels et l'entreposage et l'élimination des déchets.
Toxaphène[a]	Volontaires	Insecticide utilisé dans les champs de coton. Substitut du DDT.

[a] Usage limité au Canada et aux États-Unis.
[b] Usage interdit au Canada et aux États-Unis.
[c] Fabrication et nouveaux usages interdits au Canada et aux États-Unis.
Source : Colborn et collab., 1990.

ingérées par les organismes et s'intègrent à la chaîne alimentaire. Dans l'un ou l'autre cas, elles passent d'un milieu à un autre et migrent dans le réseau.

Les BPC illustrent bien les préoccupations associées à la bioaccumulation et à la bioamplification des contaminants toxiques. La concentration de BPC dans l'eau est parfois si faible qu'elle ne peut être détectée. Toutefois, lorsqu'une puce d'eau filtre l'eau pour se nourrir de phytoplancton, elle peut accumuler dans ses tissus 400 fois la concentration de BPC dans l'eau. La puce d'eau est mangée par une crevette qui est elle-même avalée par un gaspareau qui devient la proie d'un goéland argenté ou d'un touladi de grande taille. La concentration de contaminants est donc multipliée des dizaines à des centaines de fois à chaque niveau de la chaîne alimentaire. Entre le moment où les BPC pénètrent dans la chaîne alimentaire et celui où ils se déposent dans un œuf de goéland argenté, la concentration de cette substance dangereuse peut être bioamplifiée 10 millions de fois par rapport à la concentration détectée dans l'eau.

Les bio-indicateurs : des signaux transmis par la faune et la flore

Souvent, la concentration de contaminants dans les sédiments de fond ou dans les tissus d'espèces indicatrices (algues, poissons, oiseaux ou mammifères) est un meilleur indicateur de l'état de l'écosystème aquatique que les concentrations détectées dans les eaux de surface elles-mêmes (voir l'encadré 18.1). La présence de tumeurs chez les poissons et les avis mettant en garde la population contre la consommation de certaines espèces de poissons sont autant de rappels puissants du danger de contamination toxique qui guette les eaux des Grands Lacs. Les figures 18.9 et 18.10 montrent respectivement les tendances des concentrations de BPC dans le touladi et dans les œufs du goéland argenté. L'état de ces organismes sert également de baromètre pour évaluer la santé de l'écosystème. La présence de tumeurs chez de nombreuses espèces de poissons, notamment la barbotte brune, le meunier noir et le chabot visqueux,

peut donc être considérée comme étant un signe indiscutable de dégradation de l'écosystème. Le tableau 18.10 résume les analyses des contaminants détectés chez 15 espèces des Grands Lacs, les bio-indicateurs donnant une vue d'ensemble des conditions observées dans les lacs.

Indépendamment de l'association entre les effets sur la santé et les concentrations de contaminants, il est difficile de prouver que certains contaminants ont eu des effets particuliers chez des populations animales ou végétales. Ces substances chimiques agissent de manière parfois synergique, parfois antagoniste (contre-réaction) et, parfois, il n'y a aucune interaction. L'effet de ces relations chimiques complexes et peu connues est également compliqué par les agressions physiques et chimiques examinées précédemment (tableau 18.3).

La relation de cause à effet la plus évidente entre la reproduction et la survie des espèces animales et un produit chimique particulier est l'amincissement de la coquille des œufs causé par le DDT (Noble, 1990). Ce phénomène a entraîné une diminution considérable de la population de cormorans à aigrettes des Grands Lacs entre la fin des années 1940 et le milieu des années 1970. Par suite de la réglementation touchant le DDT, la population s'est rétablie : l'augmentation du nombre de nids de cormoran observée dans les années 1980 coïncide avec la réduction, dans les œufs, des concentrations de DDE, un produit de dégradation du DDT. Malgré une augmentation des effectifs, les malformations congénitales (pieds bots, appendices raccourcis, yeux ou cerveau manquants, principaux organes à l'extérieur du corps, bec déformé) sont encore particulièrement élevées dans les secteurs très pollués comme les baies Green et Saginaw, aux États-Unis (Colborn, 1988).

L'amincissement de la coquille des œufs causé par le DDT a également entraîné une diminution des popula-

TABLEAU 18.7

Sources de contaminants dans les Grands Lacs et les masses d'eau interlacustres et mécanismes de sortie hors du réseau

1. **Sources d'entrée directe :**
   - rejets de sources ponctuelles comme les effluents industriels et urbains
   - rejets de sources non ponctuelles comme le ruissellement urbain et agricole
   - « rentrée » interne à partir des sédiments de fond
   - dépôts atmosphériques
   - déversements et rejets accidentels
2. **Sources d'entrée indirecte :**
   - rejets de sources ponctuelles et non ponctuelles dans les tributaires, les lacs de l'intérieur et les eaux souterraines qui atteignent ultérieurement les eaux de surface
   - émissions atmosphériques atteignant ultérieurement le réseau
3. **Mécanismes de sortie :**
   - écoulement par le fleuve Saint-Laurent
   - rejet dans l'atmosphère
   - biomasse des poissons et prélèvement d'autres espèces fauniques

Estimation des rejets totaux et de la répartition des contaminants provenant des stations de traitement des eaux d'égout municipales dans le bassin des Grands Lacs, 1985

Contaminant	% des rejets totaux			Rejets totaux (t/an)
	Effluents	Atmosphère	Élimination[a]	
a) Métal				
Arsenic	66	N[b]	34	19,0
Cadmium	76	N	24	26,0
Chrome	49	N	51	640,0
Cuivre	43	N	57	300,0
Mercure	44	N	56	2,7
Nickel	79	N	21	130,0
Plomb	59	N	41	580,0
Zinc	51	N	49	1300,0
b) Composés chimiques				
Benzène	61	39	N	2,4
BPC (totaux)	50	N	50	0,3
Chloroforme	70	30	N	34,0
Cyanure	73	N	27	89,0
Éthylbenzène	31	69	N	55,0
HAP extractibles basiques-neutres				
Anthracène	AE[c]	AE	AE	AE
Naphtalène	53	20	28	28,0
HCB	N	25	75	0,04
Phénols (totaux)	94	N	6	85,0
TCDD	AE	AE	AE	AE
TCDF	AE	AE	AE	AE
Tétrachloroéthylène	36	64	N	76,0
Toluène	45	55	N	42,0
1,1,1-trichloroéthane	58	42	N	26,0
Trichloroéthylène	49	51	N	76,0

[a] Dans les décharges ou épandage sur le sol. [b] N = Présumé « négligeable ». [c] AE = Aucune estimation.

Source : Commission mixte internationale, 1989.

TABLEAU 18.9

Charges de contaminants toxiques dans la rivière Niagara, 1986 et 1987

Charge	kg/jour
Source ponctuelle	
États-Unis (total en 1986)[a]	245
Canada (total en 1987)[b]	62
Source non ponctuelle (eaux souterraines)	
États-Unis (total en 1987)[c]	
• meilleure estimation	315
• estimation faible	53
• estimation élevée	2 075
Canada	non disponible

Sources : [a] Department of Environmental Conservation, 1987.
[b] Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1987.
[c] Gradient Corporation and GeoTrans Inc., 1988.

tions de bihoreaux à couronne noire et de pygargues à tête blanche. Par suite de la réduction de la concentration de DDT dans l'environnement, la population de bihoreaux s'est rétablie à la fin des années 1970. Toutefois, les concentrations restent élevées chez les pygargues à tête blanche. Dans le bassin du lac Ontario, la destruction d'habitats favorables a compromis le rétablissement des populations littorales. À l'heure actuelle, aucun pygargue à tête blanche ne niche en bordure du lac Ontario.

Bien que les liens positifs entre les contaminants et les effets observés soient rarement prouvés, leur évidence est souvent incontestable. Une étude faite en 1988 a montré que les populations littorales de 16 espèces prédatrices, dont le vison, avaient diminué en raison des concentrations élevées de toxines dans ces espèces (Colborn, 1988).

Dans certains cas, les biologistes ont été en mesure de proposer des mécanismes plausibles d'interaction entre les contaminants toxiques et les populations animales. Ainsi, à la fin des saisons de reproduction de 1969 et 1973, les produits chimiques toxiques auraient entraîné une forte mortalité chez les goélands à bec cerclé qui, en raison d'une pénurie de nourriture, ont dû mobiliser les résidus présents dans leurs lipides, où les substances chimiques toxiques s'étaient accumulées. Les populations ont commencé à se rétablir à la fin des années 1970 et semblent prospérer à l'heure actuelle.

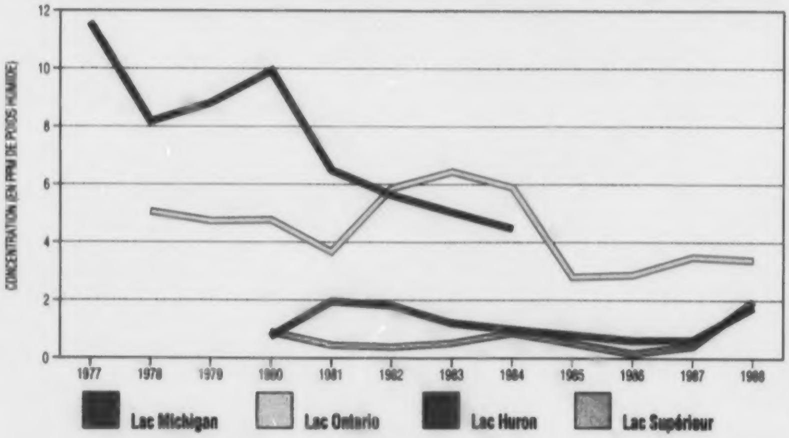
Dans les années 1960, le taux de reproduction des visons d'élevage nourris de poissons des Grands Lacs était nul. Les recherches ont révélé que les BPC ayant des propriétés semblables à celles des dioxines avaient eu des effets dommageables sur les adultes et les fœtus. Des teneurs élevées en résidus des composés organochlorés tels que les BPC, HCB, chlordane et DDE ont été détectées chez les tortues du port de Hamilton (1948–1989), ce qui n'était pas le cas à un emplacement témoin dans le parc Algonquin. Les œufs ont été incubés et des malformations similaires à celles observées chez les cormorans, les goélands et les sternes ont été relevées. À certains endroits, des associations importantes ont été établies avec les BPC, mais il n'y a pas eu de corrélation globale pour aucun des contaminants (Gouvernement du Canada, 1991).

Les contaminants toxiques ont des effets à l'échelle de l'écosystème et même au-delà des limites du bassin proprement dit. Les systèmes biologiques du Saint-Laurent et des Grands Lacs sont continus et maints effets de la contamination chimique des poissons et de la faune dans les Grands Lacs ont également été relevés dans le Saint-Laurent. Dans le golfe du Saint-Laurent, la contamination des œufs des oiseaux de mer par le mercure, les BPC, le DDT et ses métabolites (produits de dégradation), le mirex, la dieldrine et l'HCB correspond au tiers seulement de celle observée dans les Grands Lacs. Il y aurait donc, en aval, une dilution des contaminants et une réduction des niveaux de contamination, de même qu'une diminution parallèle de l'influence des sources en amont, dont les Grands Lacs.

Toutefois, l'état critique des organismes des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire, en particulier du béluga (voir le chapitre 19), laisse supposer que les processus de bioaccumulation neutralisent cette simple dilution. La population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent a été réduite à environ 10 % de ce qu'elle était à la fin des années 1800. Les bélugas meurent actuellement à l'âge de 14 ou 15 ans, mais leur longévité normale est de 30 ans. Parmi les 25 substances chimiques toxiques détectées jusqu'à maintenant chez les bélugas, on compte 8 des 11 polluants dangereux désignés

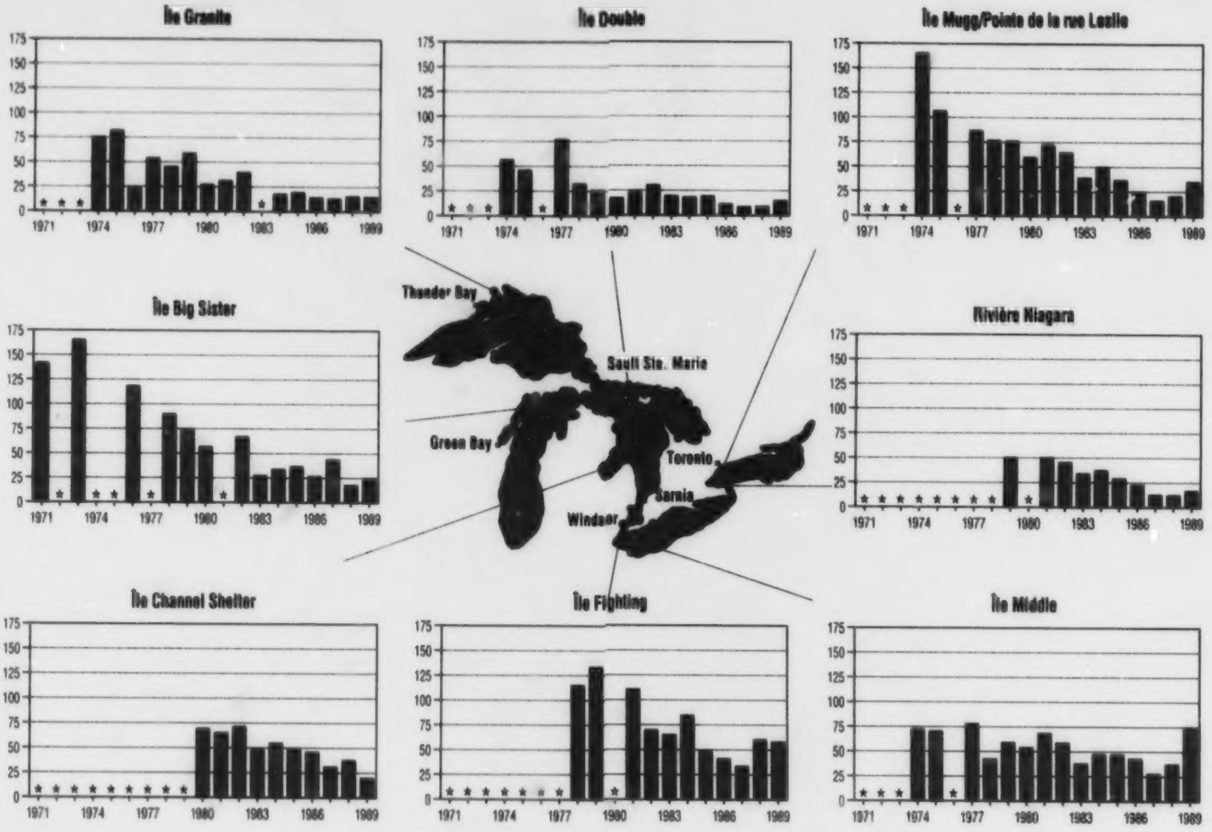
FIGURE 18.9

Concentrations moyennes de BPC dans le touladi entier, 1977–1988



Source : Gouvernement du Canada, 1991.

Concentrations de BPC (en ppm) dans les œufs de goélands argentés de différents endroits des Grands Lacs, 1971–1989



*Aucune donnée.
Source : Bishop et Weseloh, 1990.

par le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs de la Commission mixte internationale (tableau 18.6). La présence de mirex et de son produit de dégradation, le photomirex, revêt un intérêt particulier. Pour autant que nous le sachions, aucun mirex n'a été produit le long du fleuve Saint-Laurent ou de son estuaire, mais il existe deux sources majeures de ce produit dans le bassin des Grands Lacs. Le lien semble être les anguilles d'Amérique, qui accumulent le mirex à l'intérieur ou à proximité du lac Ontario, migrent en aval et forment une part importante de l'alimentation des bélugas. Donc, par le biais de la bioaccumulation, de la migration d'une espèce et de la bioamplification, une source éloignée de contaminant peut avoir des effets très graves. De nombreuses études devront être faites pour confirmer cette série de processus.

Il faudra effectuer d'autres recherches pour établir la relation de cause à effet entre les produits chimiques et les effets toxiques chez les animaux; il est clair toutefois que les contaminants rémanents qui migrent dans l'écosystème et dans la chaîne alimentaire ont des effets nocifs sur de nombreuses espèces. Des échecs de la reproduction, des difformités chez les jeunes et une diminution de la survie des nouveau-nés sont observés chez les prédateurs des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire, notamment chez le balbuzard, le vison d'élevage, le pygargue à tête blanche, le goéland, la sterne, le cormoran, le touladi et la chélydre serpentine (une tortue).

Dans son ouvrage intitulé *Printemps silencieux*, traduit en 1968, Rachel Carson écrivait que notre avenir était lié à celui des animaux. Pour les résidants du bassin des Grands Lacs, cet avertissement pourrait être d'une pertinence troublante. Il est illusoire de prétendre que les humains, qui se situent également au sommet de la chaîne alimentaire (nous consommons des poissons tels que le touladi, p. ex.), n'ont jamais ressenti et ne ressentiront jamais certains effets nocifs associés à une exposition prolongée aux contaminants toxiques.

[illegible] 18.3

Le goéland argenté, un symbole et une vigile

En 1971, un biologiste faisait une découverte troublante au sujet des goélands argentés de l'île Scotch Bonnet, dans le lac Ontario. Au lieu de trouver les 100 oisillons prévus, il n'en a dénombré que 12. Depuis, les problèmes de reproduction de cet oiseau vigoureux et commun sont devenus le symbole des difficultés touchant la faune de l'écosystème des Grands Lacs.

Un programme lancé au début des années 1970 afin de surveiller les produits chimiques toxiques rémanents dans les œufs du goéland argenté a permis de constater que les oiseaux aquatiques des Grands Lacs figuraient parmi les oiseaux les plus contaminés du monde. Les fortes concentrations de contaminants organochlorés détectés dans les œufs ont coïncidé avec une mortalité embryonnaire élevée et des changements comportementaux chez les adultes (la négligence des couvées, p. ex.), qui ont entraîné une diminution du nombre d'éclosions et des troubles physiologiques chez les embryons et les oisillons.

La teneur en contaminants des œufs du goéland argenté a diminué depuis ce temps, en raison surtout de la réglementation touchant l'utilisation et la production de composés organochlorés à la fin des années 1960 et au début des années 1970. Toutefois, cette diminution a été moins marquée dans les années 1980; en fait, la contamination a légèrement augmenté en 1981 et 1982 (figure 18.10). Il semble donc que des contaminants rémanents pénètrent encore dans l'écosystème à partir de sources moins faciles à éliminer, par exemple, la lixiviation des décharges, la perturbation des sédiments lacustres et les dépôts atmosphériques. On continuera de surveiller les niveaux de contamination des œufs du goéland argenté, car ces derniers permettent de détecter la présence, dans les Grands Lacs, de substances chimiques ayant d'importantes répercussions sur les organismes vivants.

Source : Bishop et Weseloh, 1990.

Les effets sur la santé

En 1990, Vicki Keith, nageuse de longue distance, a renoncé à sa triple traversée du lac Ontario en raison de violents vomissements provoqués par la pollution excessive des eaux. Une fois revenue sur la rive, elle a avoué qu'elle n'avait jamais nagé dans un endroit aussi pollué et qu'elle craignait de retourner dans le lac de peur de risquer sa vie.

De nombreux résidants des régions riveraines des Grands Lacs où les concentrations de polluants toxiques sont élevées et rémanentes partagent les inquiétudes de la nageuse. Naturellement, ils veulent savoir si l'air qu'ils respirent, la nourriture qu'ils mangent et l'eau qu'ils boivent et dans laquelle ils se baignent présentent un danger quelconque. Malheureusement, dans l'état actuel des connaissances, les réponses à ces questions embarrassantes sont nécessairement partielles.

Pour les humains, la consommation d'aliments représente la principale source d'exposition aux contaminants; l'air et l'eau ne comptent que pour 10 et 15 %, respectivement, de l'exposition quotidienne. Par ailleurs, l'innocuité des aliments dépend de la qualité de tous les éléments de l'écosystème, c'est-à-dire l'eau, l'air et le sol.

Notre corps renferme maintenant un grand nombre de contaminants qui persistent dans l'environnement et qui se sont bioamplifiés à mesure qu'ils s'élevaient dans la chaîne alimentaire. Par exemple, au Canada et aux États-Unis, des dioxines (sous-produits de la fabrication ou de la combustion des composés organochlorés, dont certains sont extrêmement toxiques pour les animaux de laboratoire) sont généralement présentes dans tous les tissus adipeux des humains. Pour le bassin des Grands Lacs, les données limitées sur les résidus présents dans les tissus humains indiquent que la population en général n'est probablement pas exposée à des taux de contamination supérieurs à ceux de la plupart des contaminants rémanents courants auxquels sont exposés les résidants d'autres parties de l'Amérique du Nord. Néanmoins, certaines sous-populations des Grands Lacs sont gravement menacées, notamment celles qui dépendent de la nourriture des niveaux plus élevés de la chaîne alimentaire, par exemple, les nourrissons lorsque leur mère consomme de grandes quantités de poissons et d'animaux capturés dans la région.

Les études sur la faune révèlent que la progéniture des adultes exposés à la contamination éprouve davantage de problèmes que les adultes eux-mêmes. Cette constatation est préoccupante pour la population humaine. En raison de la période de gestation assez longue, les femmes enceintes peuvent accumuler d'importantes quantités de substances toxiques et les transmettre à leurs enfants par le placenta ou le lait maternel (Colborn et collab., 1990).

Les malformations congénitales apparentes et le cancer sont souvent considérés comme des indicateurs d'un stress provoqué par les contaminants. Toutefois, comme outils, ces indicateurs ne permettent pas de détecter les effets plus subtils de l'exposition aux contaminants toxiques. À l'heure actuelle, les chercheurs s'intéressent particulièrement aux changements subtils pouvant survenir chez le fœtus d'une femme exposée toute sa vie aux contaminants. Une étude menée auprès des femmes enceintes de la région du lac Michigan a révélé l'existence d'une corrélation modérément significative entre la consommation mensuelle de plus de 0,5 kg de poisson du lac Michigan et les concentrations sériques de BPC dans le cordon ombilical. Le poids, la circonférence de la tête et le développement neurocomportemental étaient moindres chez une proportion

Effets sur les populations, les organismes et les tissus d'espèces animales des Grands Lacs[1]

Espèce	Diminution de la population	Effets sur la reproduction	Amincissement de la coquille	Malformations congénitales[2]	Modifications du comportement	Modifications biochimiques	Mortalité	Effets sur les générations
Vison	X	X	SO	NE	NE	NE	X	?
Loutre	X		SO	NE	NE	NE	?	?
Cormoran à aigrettes	X	X	X	(X)		X	?	?
Bihoreau à couronne noire	X	X	X	X		X	?	?
Pygargue à tête blanche	X	X	X	NE		NE	NE	?
Goéland argenté		X	X	X	X	X	X	
Goéland à bec cerclé				X		NE	X	
Sterne caspienne		X		X	NE	NE		X
Sterne pierregarin		X	X	X		X		
Sterne de Forster		X		X	X	X		
Chélydre serpentine	NE	X	SO	X	NE	NE	NE	NE

X = Effets étayés. SO = Sans objet. NE = Non examiné. ? = Effet présumé en raison de la diminution des effectifs.

[1] Les observations marquées d'un X ont été ont été signalées dans la documentation.

[2] On possède des données inédites sur les malformations congénitales chez le cormoran à aigrettes, le grand héron et le râle de Virginie.

Source : Gouvernement du Canada, 1991.

significativement plus élevée de nouveau-nés. Des tests psychologiques administrés à ces enfants à l'âge de 4 ans ont révélé que ces derniers éprouvaient des problèmes d'apprentissage. Ces types d'effets perturbateurs, transmis d'une génération à l'autre, font actuellement l'objet d'études, mais d'autres recherches doivent être effectuées sur l'exposition prolongée à de faibles concentrations. Plus précisément, de nouvelles données doivent être recueillies sur la façon dont différents contaminants se combinent pour produire des effets synergiques. L'évaluation de la corrélation entre les effets surveillés chez les poissons et les animaux et ceux mesurés chez les humains pourrait mener à d'importantes découvertes.

Entre temps, les gouvernements ont adopté des mesures préventives. Le gouvernement de l'Ontario publie un *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*, qui contient des normes sur la consommation des poissons pêchés dans les Grands Lacs et à l'intérieur des terres (ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1991). Ces normes indiquent les espèces de poissons, la taille des spécimens et les endroits où ils sont trop contaminés pour être consommés. De 1983 à 1991, le nombre de ces endroits a peu varié dans les lacs Supérieur et Ontario, mais les ministères ontariens de l'Environnement et des Richesses naturelles ont noté des réductions de la teneur en contaminants des poissons du lac Ontario.

Les conseils touchant la consommation de poisson doivent être considérés comme des mesures préventives destinées uniquement à rompre la suite d'événements qui menacent la santé. À long terme, la seule solution consiste à s'engager davantage face à la recherche — notamment sur les effets d'une exposition prolongée à de faibles concentrations de contaminants — et à la réduction des expositions par la lutte contre les contaminants à la source.

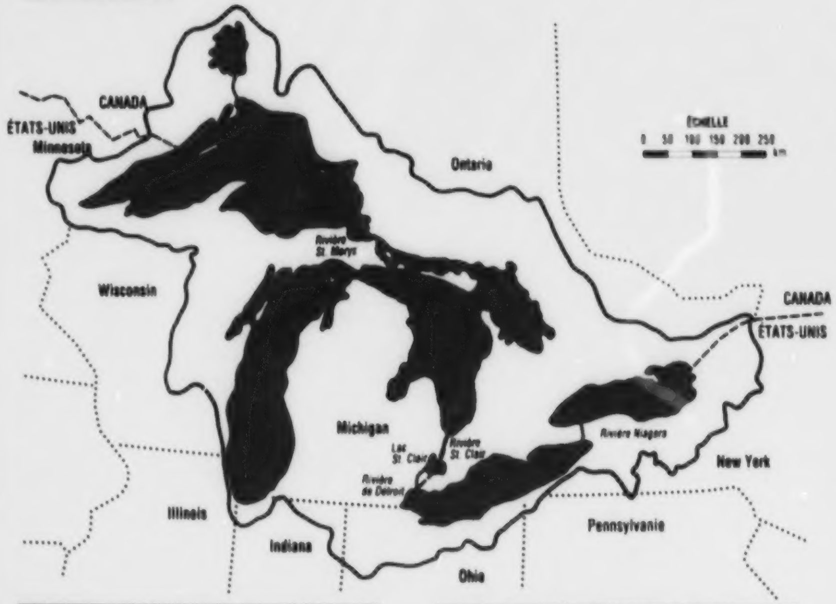
Les tendances en matière de substances toxiques

Malgré la présence de centaines de substances chimiques potentiellement dangereuses dans l'écosystème des Grands Lacs, aucun nouveau contaminant correspondant aux critères de présence généralisée, de toxicité élevée et de rémanence n'a été détecté dans les Grands Lacs depuis le début des années 1980. Les échantillons d'eau et de sédiments de fond, de même que des espèces indicatrices d'algues, de poissons et d'autres espèces sauvages, ont constamment révélé une réduction générale des taux de contamination durant les années 1970. Cette réduction est maintenant terminée. Ces résultats laissent supposer que, même si la contamination toxique ne sera probablement jamais aussi grave que par le passé, il faudra diminuer davantage les charges pour que les concentrations diminuent elles aussi (Gouvernement du Canada, 1991).

À quelques exceptions locales près, les lacs Ontario, Michigan et Érié ainsi que les masses d'eau interlacustres continuent de se dégrader davantage que les lacs Supérieur et Huron. Le lac Ontario, qui se trouve à l'extrémité du réseau, reçoit la charge toxique combinée des masses d'eau situées en amont; il est donc le plus dégradé. La rivière Niagara, qui est fortement contaminée, compte pour plus de 50 % des charges toxiques de ce lac. La figure 18.11 donne un aperçu de la situation actuelle et des tendances en matière de contaminants toxiques dans le réseau des Grands Lacs.

FIGURE 18.11

État, tendances et indices de la contamination toxique dans les Grands Lacs et les masses d'eau interlacustres



Lac Supérieur

- La qualité globale de l'eau de ce lac est la plus élevée du réseau.
- 90 % des contaminants, y compris les composés organochlorés, pénètrent dans le lac via l'atmosphère.
- Le lac présente les plus basses concentrations de métaux; les teneurs en plomb, en mercure et en cadmium sont élevées dans certaines baies et certains ports en raison des rejets des usines de pâtes et papiers, des stations de traitement des eaux usées municipales et de l'exploitation minière.

Rivière St. Marys (entre les lacs Supérieur et Huron)

- C'est la moins dégradée des rivières interlacustres.
- On observe une dégradation localisée en aval et en bordure des aciéries, des usines de papier et des stations de traitement des eaux usées municipales du côté canadien.
- Dans les gros spécimens de certains poissons de la pêche sportive, les concentrations de mercure sont supérieures aux normes de la Commission mixte internationale.

Lac Huron

- La qualité des eaux libres est restée sensiblement la même qu'au début des années 1800.
- Les eaux sont contaminées dans les ports et les baies en raison des rejets industriels locaux et du ruissellement agricole, ainsi que de la navigation de plaisance dans la baie Severn.
- Le bassin hydrographique de la rivière Serpent est contaminé par les radionucléides et les métaux lourds provenant du district minier d'Elliot Lake.
- Les concentrations de BPC, de dieldrine et de mercure dans la truite sont stables depuis 1985; les teneurs en DDE, HCB et BPC des œufs du goéland argenté ont diminué environ de moitié depuis 1980.

Rivière St. Clair (entre les lacs Huron et St. Clair)

- La qualité de l'eau s'est grandement améliorée dans les années 1980.
- Les solvants industriels et les métaux toxiques provenant de la vallée chimique de Sarnia nuisent à la qualité de l'environnement local; les teneurs en HCB et en perchloroéthylène sont supérieures aux normes fixées dans les lignes directrices.
- Les sédiments contiennent des composés organiques toxiques et du mercure provenant de la vallée chimique et provoquent la mort d'un certain nombre d'organismes indicateurs.

Lac St. Clair (entre les rivières St. Clair et Detroit)

- La qualité de l'eau, des sédiments et du biote s'est améliorée durant les années 1980.
- La présence de mercure dans les sédiments soulève des inquiétudes mais, dans l'ensemble, les concentrations de métaux sont faibles.
- La chair des poissons et des canards renferme des concentrations potentiellement élevées de composés organiques toxiques.

Rivière Detroit (entre les lacs St. Clair et Érié)

- Cette rivière est l'un des secteurs de préoccupation de la Commission mixte internationale.
- L'eau et les sédiments sont dégradés par les polluants classiques, les composés organiques toxiques et les métaux, mais la situation s'est améliorée depuis les années 1970.
- Les poissons, la sauvagine et d'autres espèces animales sont contaminés par divers polluants.
- On observe des tumeurs de la bouche, de la peau et du foie chez les poissons de la partie aval de la rivière Detroit.

Lac Michigan

- Ce lac vient au deuxième rang après le lac Ontario en ce qui a trait à la dégradation globale due aux contaminants toxiques.
- Il est particulièrement pollué par les contaminants toxiques dans le sud. Les sédiments renferment les plus fortes concentrations d'HAP et de BPC du bassin, et ceux du port de Waukegan ont des teneurs en BPC de 500 000 ppm (50 %).
- La contamination par les métaux (plomb, mercure, cadmium et autres) est la plus élevée de tous les lacs.
- Les poissons contiennent les plus fortes teneurs en pesticides chlorés (DDT et dieldrine) et en produits chimiques organiques industriels (BPC) du bassin, mais les teneurs diminuent.

Lac Érié

- Ce lac est très pollué par le plomb, le mercure, le zinc, le cadmium et l'arsenic; il est contaminé par des produits toxiques à proximité du lac Ontario.
- Les concentrations de métaux et de composés organiques dans les eaux libres et les sédiments diminuent en raison de l'enfouissement et de la dilution.
- Les rivières Detroit et Maumee sont des sources majeures de contaminants chimiques organiques, y compris les BPC; l'ouest du bassin est très dégradé.
- Les concentrations de contaminants chez les poissons sont plus faibles que prévu, peut-être en raison des conditions eutrophes du lac. En 1987, les concentrations de BPC chez la queue à tache noire de l'ouest du lac Érié étaient supérieures aux normes prescrites.

Rivière Niagara (entre les lacs Érié et Ontario)

- Cette rivière est l'un des secteurs de préoccupation de la Commission mixte internationale; elle est la principale source des toxines présentes dans le lac Ontario.
- 261 produits chimiques synthétiques sont présents dans le réseau. Ce sont le DDT, les BPC, le mirex et le mercure, de même que les dioxines et les furanes; qui soulèvent le plus de préoccupations.
- 57 produits chimiques menacent l'environnement ou la santé.

Lac Ontario

- C'est le lac le plus contaminé sur le plan de la diversité et de la concentration des composés organiques.
- Les concentrations moyennes de tous les chlorobenzènes sont le plus élevées dans les eaux libres; les sédiments présentent les plus fortes teneurs en dioxines et en furanes. Les concentrations des substances toxiques préoccupantes pourraient se stabiliser à des niveaux élevés inacceptables.
- La bioaccumulation de BPC, de TCDD, de chlordane, de dieldrine, de DDT et de ses métabolites dans les tissus des poissons rend ces derniers impropres à la consommation animale.
- Des malformations et des problèmes de reproduction chez les oiseaux piscivores sont attribués aux contaminants toxiques.

Source : Information extraite principalement de Commission mixte internationale, 1989, et Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988; d'après une figure inédite de P. Bircham, Rapport sur l'état de l'environnement; Environnement Canada.

Malheureusement, le problème des contaminants toxiques est loin d'être réglé. Malgré des réductions des concentrations de polluants, le rythme se ralentit et, dans le cas du lac Ontario, les concentrations pourraient se stabiliser à des niveaux élevés inacceptables. Les causes sont reliées à des sources polluantes continues : diverses sources ponctuelles industrielles et urbaines, les dépôts atmosphériques, les eaux souterraines contaminées par les décharges et la remise en circulation des sédiments de fond sont autant de facteurs contribuant au maintien des concentrations de contaminants dans le réseau.

Les pêches

Dans ses écrits sur les ressources halieutiques du lac Supérieur en 1658, le coureur des bois Pierre Radisson mentionne que les poissons étaient abondants, que les esturgeons étaient très gros et que les brochets mesuraient sept pieds de longueur.

Les poissons forment une part importante de l'écosystème des Grands Lacs et, à l'instar des autres ressources naturelles du bassin, ils contribuent largement au bien-être des résidants. Les Grands Lacs sont la scène d'importantes activités de pêche commerciale, sportive et de subsistance. La valeur économique brute de la pêche sportive dans les Grands Lacs a été évaluée à 4 milliards de dollars ($ US) par année (Boulanger et Charbonneau, 1989). Récemment, la pêche sportive alimentée par les poissons d'élevage a remplacé la pêche commerciale comme principal élément économique. En 1985, la valeur des débarquements commerciaux s'élevait à environ 41 millions de dollars ($ US).

En 1985, près d'un million de Canadiens ont pêché à la ligne dans les lacs, soit une hausse de 16 % par rapport à 1980 (Talhelm, 1988). L'effort de pêche a été le plus marqué dans le lac Huron, suivi des lacs Ontario, Érié et Supérieur. Dans les cinq lacs, les espèces de prédilection ont été, par ordre décroissant, le doré, la truite arc-en-ciel et la truite brune, l'achigan, le grand brochet et le bar-perche. Malgré leur grande popularité auprès des pêcheurs à la ligne des États-Unis, les salmonidés exotiques (non indigènes) d'élevage ont représenté moins de 6 % des prises totales en Ontario. Les prises effectuées par les autochtones ont compté pour 3 % des prises totales en Ontario.

Les changements dans les populations de poissons

La pêche a largement contribué à l'économie du bassin des Grands Lacs et au style de vie de ses résidants, mais elle a également exercé des pressions énormes sur l'écosystème. Ce n'est qu'au XIX[e] siècle que l'on a commencé à exploiter pleinement les stocks de poissons des eaux profondes, mais cela n'a pas tardé à modifier considérablement les ressources halieutiques.

Avant les années 1900, les populations de poissons étaient dominées par des espèces de grande taille et à valeur élevée telles que l'esturgeon, le touladi, le grand corégone, le grand brochet, le maskinongé, le doré, la barbue de rivière et, dans le lac Ontario, le saumon atlantique. Le saumon a disparu en 1900, victime de la destruction des frayères résultant de l'exploitation forestière. Jusque dans les années 1930, les prises commerciales comprenaient une forte proportion de poissons à valeur élevée, tels que le touladi et les ciscos et corégones.

Toutefois, dans les années 1950, la surpêche, l'invasion de la lamproie marine, l'introduction d'espèces exotiques, la perte d'habitats et la modification de la chimie des lacs due aux éléments nutritifs et aux contaminants toxiques ont failli entraîner l'effondrement de nombreuses populations de poissons et des pêches qui leur étaient associées. Aujourd'hui, les espèces à valeur élevée sont moins diversifiées et moins nombreuses dans les prises commerciales. De plus, l'éperlan et le gaspareau, deux espèces exotiques, ont remplacé le hareng comme poisson de fourrage bon marché. Le cisco de lac, qui abondait au début des années 1900, est désormais confiné au lac Supérieur.

Les modifications importantes de la nature et du mélange des espèces de poissons dans les Grands Lacs se reflètent dans la composition des prises commerciales depuis la fin des années 1800. Comme il est indiqué à la figure 18.12, la pêche commerciale s'est tournée vers les poissons de moindre valeur à mesure que diminuaient les stocks de poissons à valeur plus élevée (Statistique Canada, 1986). Ainsi, dans les années 1880, le touladi et le grand corégone composaient l'essentiel des prises commerciales dans le lac Supérieur. Dans les années 1960, la proportion de ces espèces avait chuté à moins de 10 % (Regier et collab., 1988).

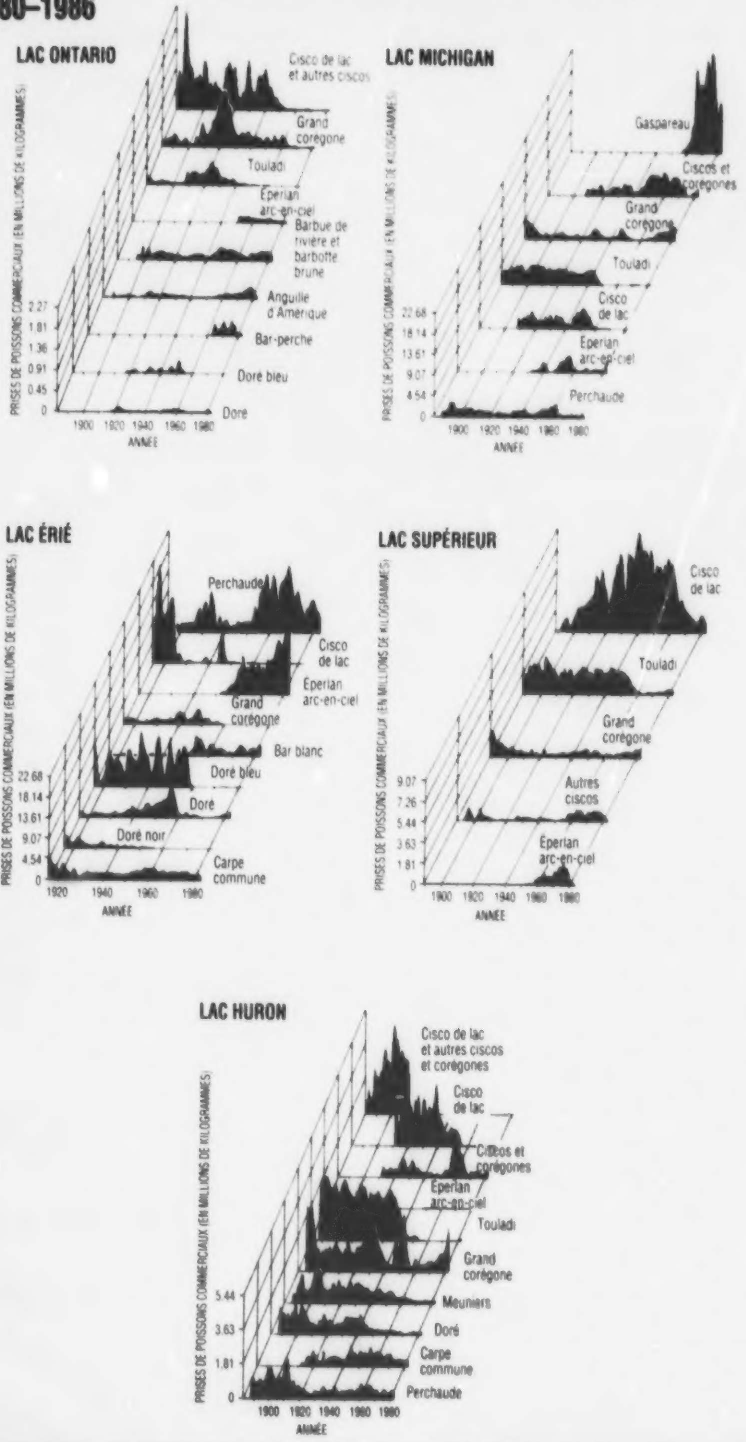
La disparition des espèces de poissons

Jadis, les esturgeons étaient si abondants qu'ils constituaient une nuisance pour les pêcheurs, qui les empilaient et formaient de grands bûchers auxquels ils mettaient le feu; sur les bateaux à vapeur, on les utilisait pour alimenter les chaudières. Aujourd'hui, l'espèce est presque disparue des lacs (Ashworth, 1986).

La surexploitation a entraîné la réduction et la disparition de certains stocks de poissons dans les Grands Lacs. Dans le lac Ontario, plus de 10 % des 75 espèces de poissons qui, selon les estimations, fréquentaient les eaux du lac, ont disparu. Le saumon atlantique a été la première victime. La construction de barrages et l'envasement des frayères ont anéanti l'espèce dans le lac Ontario à la fin des années 1800. La surpêche et la prédation par les lamproies ont entraîné la disparition du touladi dans une grande partie de son aire de répartition. Par suite de la diminution des stocks de touladis, les populations de ciscos ont été exploitées; la surpêche, la prédation par les lamproies et la compétition exercée par les gaspareaux ont considérablement réduit les stocks. Le gaspareau est également en cause dans la disparition des chabots de profondeur dans le lac Ontario et des chabots à tête plate dans le lac Michigan. Le doré bleu, une espèce endémique des lacs Érié et Ontario, a fait l'objet d'une pêche intensive qui a

FIGURE 18.12

Tendances de la pêche commerciale dans les Grands Lacs, 1880–1986



Source : Hartman, 1988.

entraîné sa disparition. À l'heure actuelle, 13 espèces de poissons indigènes du bassin des Grands Lacs figurent sur la liste du Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, dans la catégorie des espèces disparues, disparues au Canada, en danger de disparition ou menacées.

Les espèces exotiques

Les Grands Lacs ont été la scène de la diminution ou de la disparition de certaines espèces, mais aussi de l'apparition de nouvelles espèces. En 1919, lors du creusement du canal Welland reliant les lacs Ontario et Érié, les ingénieurs ont involontairement ouvert une voie d'accès à la lamproie marine parasite, un poisson primitif dont la bouche, en forme de ventouse, est armée de dents qui lui permettent de se fixer à son hôte. L'arrivée de la lamproie a marqué la fin du touladi jadis abondant.

Des espèces exotiques ont été introduites volontairement ou accidentellement dans les lacs, et elles ont eu des effets tant positifs que négatifs sur l'écosystème. Les espèces introduites dans les Grands Lacs sont énumérées au tableau 18.11. Le repeuplement par le saumon du Pacifique et la truite arc-en-ciel a favorisé la pêche sportive partout dans les Grands Lacs; simultanément, les pêcheurs délaissaient le touladi, une espèce cible réagissant mal aux mesures de rétablissement dont elle fait l'objet. Plusieurs espèces exotiques, notamment le saumon rose, la carpe commune, le bar-perche et l'éperlan arc-en-ciel sont pêchés commercialement. Les espèces introduites ont eu des répercussions directes (prédation) ou indirectes (compétition) sur les espèces indigènes. Il ne fait aucun doute que l'éperlan arc-en-ciel fait compétition au grand corégone et au cisco de lac, qui sont aussi ses proies. Le gaspareau a eu des effets plus considérables, car il fait compétition aux jeunes ciscos de fumage, chabots de profondeur, chabots à tête plate, perchaudes, ciscos de lac, éperlans arc-en-ciel et ménés émeraude, qui constituent également ses proies. Le gaspareau et l'éperlan ont aussi eu des effets positifs sur

l'écosystème et constituent de nos jours une part importante du régime alimentaire des salmonidés exotiques ou indigènes.

Après avoir envahi les Grands Lacs d'amont dans les années 1930, la lamproie marine a eu des effets dévastateurs sur les pêches; elle a pratiquement éliminé le touladi de tous les lacs, à l'exception du lac Supérieur. La lutte chimique est partiellement efficace, mais elle entraîne parfois la mort de poissons d'autres espèces. Plusieurs autres mesures sont à l'étude, notamment le lâcher de mâles stériles.

Plus récemment, l'introduction d'espèces exotiques présentes dans les eaux de lest des navires a soulevé de graves inquiétudes dans la région des Grands Lacs. La prolifération de la dreissena polymorphe, une moule d'Europe introduite en Amérique du Nord lors du déversement des eaux de lest d'un navire dans le lac Sainte-Claire, probablement en 1985, illustre bien cette nouvelle source d'envahisseurs dans les Grands Lacs (voir l'encadré 18.2).

Chronologie des espèces sauvages délibérément ou accidentellement introduites dans le milieu aquatique des Grands Lacs et qui ont réussi à se propager

Espèce	Première introduction		
	Année	Délibérée ou accidentelle	Lac ou bassin hydrographique
Gaspareau	1819	accidentelle	Tous
Lamproie marine	1829?	accidentelle	Tous
Saumon chinook	1873	délibérée	Tous
Truite arc-en-ciel	1876	délibérée	Tous
Poisson doré	1878?	délibérée	Tous
Carpe commune	1879?	délibérée	Tous
Truite brune	1883	délibérée	Tous
Éperlan arc-en-ciel	1903	accidentelle	Tous
Gambusie	1923	délibérée	M,E
Crapet menu	1929	accidentelle	E
Saumon coho	1933	délibérée	Tous
Kokani	1950	délibérée	H
Bar-perche	1950?	accidentelle	O,E,H
Saumon rose	1956	accidentelle	Tous
Carpe de roseau	1974	délibérée	E
Épinoche à trois épines	1980	accidentelle	H,M
Assari	1981	accidentelle	E,M
Bythotrophes cederstoemi	1984	accidentelle	Tous
Dreissena polymorphe	1985?	accidentelle	E
Grémille	1987	accidentelle	S
Épinoche à quatre épines	1987	accidentelle	S

(E–Érié; H–Huron; O–Ontario; M–Michigan; S–Supérieur)

Sources : Emery, 1985 (les espèces introduites délibérément mais qui n'ont pu se reproduire comprennent l'alose savoureuse, l'omble chevalier, le bar rayé, l'ombre arctique et la truite fardée; les espèces introduites accidentellement mais qui n'on pu s'établir comprennent le flet et le crabe chinois); Commission mixte internationale, 1987*a*, pour les espèces introduites après 1985.

Les problèmes complexes associés à la gestion des pêches

À l'instar de l'agriculture, la pêche dans les Grands Lacs est de plus en plus caractérisée par l'altération ou la manipulation de l'écosystème naturel. Il est évident qu'une grande partie des stocks originels de poissons a été remplacée et que le processus de remplacement se poursuit. Il reste à savoir si les effets sur l'ensemble de l'écosystème sont positifs; toutefois, comme l'ont mentionné Colborn et collab. (1990), il serait trop simpliste de présumer que ce qui est bon pour les pêches l'est également pour le réseau.

La situation de la pêche dans les Grands Lacs et l'état de l'ensemble de l'écosystème aquatique des Grands Lacs sont reliés. Inévitablement, certains intérêts sont incompatibles, notamment : 1) la pêche sportive opposée à la pêche commerciale, laquelle est opposée à la pêche de subsistance; 2) les programmes de pisciculture mis en œuvre pour appuyer l'industrie lucrative de la pêche sportive par opposition à l'objectif d'autorégulation du réseau; et 3) la limitation des apports d'éléments nutritifs afin de protéger la qualité de l'eau par opposition à l'accroissement de la teneur en éléments nutritifs pour favoriser la pêche. Bien que la pêche dans les Grands Lacs soit actuellement meilleure qu'au début des années 1980, il faudra déployer des efforts de gestion considérables pour concilier des intérêts concurrentiels et attirer l'attention des gens sur l'ensemble de l'écosystème aquatique.

La variation du niveau de l'eau

Les fluctuations naturelles du niveau de l'eau mettent en évidence le dynamisme de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Cependant, elles représentent une série de problèmes pour les collectivités qui dépendent de la stabilité et de la prévisibilité du niveau de l'eau. En 1986, le niveau de l'eau des Grands Lacs a atteint un sommet inégalé au cours de ce siècle, sauf dans le lac Ontario. Les eaux ont recouvert les rives et même les propriétés, ce qui a gravement inquiété la population.

Depuis le milieu des années 1960, le niveau de l'eau a suscité presque autant de controverses que la qualité de l'eau. Les propriétaires riverains ont été touchés par la hausse du niveau de l'eau qui, associée aux orages, peut entraîner une forte érosion des rives. Des niveaux inférieurs à la normale nuisent aux activités récréatives, à la production d'hydroélectricité et à la navigation commerciale. Par contre, les variations du niveau de l'eau sont jugées favorables à l'environnement en général, et essentielles à l'écologie riveraine en particulier, ce qui soulève la question de la pertinence de la manipulation du niveau de l'eau.

Les préoccupations des citoyens relatives au niveau de l'eau se divisent en trois grandes catégories reliées : 1) les problèmes directs causés par des variations du niveau de l'eau des lacs; 2) les possibilités réelles et projetées de régulariser les niveaux par l'utilisation d'ouvrages ou d'autres moyens; et 3) la dérivation éventuelle de grandes quantités d'eau en direction ou hors des lacs, principalement pour satisfaire la demande à l'extérieur du bassin. En réponse à ces préoccupations, les gouvernements américain et canadien ont entrepris trois grandes études (Commission mixte internationale, 1964, 1985, 1986). La dernière, qui se poursuit toujours, a été mise en œuvre par suite des hausses très prononcées du niveau de l'eau et des crues enregistrées en 1985 et 1986. Les études comprenaient l'examen de données d'observation sur les niveaux, les débits et les facteurs associés recueillies pendant un siècle, et ont mené aux conclusions suivantes (Bruce, 1984; L'équipe de gestion du projet, 1989) :

1. Les niveaux de l'eau, les débits et les précipitations ont assez peu varié par rapport aux moyennes stables, mais les fluctuations observées ont occasionné des pertes, des gains ou des perturbations économiques d'importance.

2. Les interventions humaines destinées à régulariser les niveaux de l'eau ont eu des répercussions assez négligeables sur les fluctuations comparativement aux phénomènes naturels. À l'échelle locale, les orages provoquent les variations les plus prononcées. Le coût des mesures prises pour limiter les fluctuations du niveau de l'eau dans les lacs serait donc excessif. De plus, à moins de draguer les cours d'eau interlacustres à de grandes profondeurs et d'ériger des barrages, ces efforts resteront vains. Beaucoup de personnes s'opposeraient au dragage et à la construction de barrages à grande échelle.

3. Les Grands Lacs ne sont pas une ressource inépuisable que l'on peut exploiter à l'infini. Ils sont vulnérables aux activités humaines et, comme en témoigne l'expérience passée, même les mesures les plus judicieuses peuvent être anéanties à cause d'effets secondaires imprévisibles et indésirables. Par conséquent, la gestion future doit s'appuyer sur une analyse approfondie des incidences écologiques.

Ces conclusions sur le niveau de l'eau reprennent celles des études sur les problèmes de la qualité de l'eau

[illegible]

Une nouvelle source d'envahisseurs

Petite mais vigoureuse, la dreissena polymorphe envahit les cours d'eau de l'Amérique du Nord. Originaire des mers Noire et Caspienne, cette moule minuscule zébrée de jaune et de brun se rencontre maintenant dans les cinq Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent.

Ayant trouvé une niche dans un écosystème déjà perturbé, ce mollusque prolifique a connu une explosion démographique. Dans la partie occidentale du lac Érié, où les eaux chaudes sont riches en algues (nourriture) et en calcium (développement de la coquille), on a observé jusqu'à 700 000 dreissenas par mètre cube. Comme les autres lacs présentent des conditions moins idéales, la répartition et la croissance de l'espèce seront limitées et des densités comparables sont improbables.

Dans de bonnes (ou mauvaises) conditions, la dreissena polymorphe se fixe sur toutes les surfaces dures, dont les prises d'eau et les hauts-fonds rocheux utilisés comme frayères par les poissons, et s'y incruste. Sa présence peut avoir des effets dévastateurs sur l'économie et l'écologie. Les résultats des recherches préliminaires menées sur les effets de la dreissena sur les frayères des hauts-fonds sont plus encourageants que prévus, mais il est encore trop tôt pour être optimiste.

Comme elle filtre l'eau pour se nourrir, la dreissena polymorphe a des répercussions sur l'ensemble de l'écosystème aquatique. Elle élimine le phytoplancton de l'eau, ce qui a des effets sur le doré, la truite, l'achigan, le bar-perche et les piscivores au sommet de la chaîne alimentaire. Certaines espèces de sauvagine, tel le morillon, ont découvert cette nouvelle manne et retardent leur migration pour se gaver de dreissenas polymorphes. Malheureusement, les prédateurs naturels comme les canards plongeurs et certaines espèces de poissons ne suffisent pas à limiter la croissance démographique de ce mollusque nuisible. Il faut espérer que la population de dreissenas polymorphes s'effondrera et se stabilisera à un niveau plus faible.

Les coquilles des dreissenas peuvent nuire considérablement à l'écoulement de l'eau et elles ont déjà des effets nuisibles sur l'approvisionnement en eau des villes, l'irrigation des terres agricoles et la production d'électricité. Des mesures correctives comme la chloration de l'eau pour détruire les larves et l'installation des prises d'eau en eau plus profonde peuvent coûter plusieurs centaines de millions de dollars.

La dreissena polymorphe s'est établie dans les Grands Lacs pour y rester. Le traitement chimique ou thermique des eaux de lest et le remplacement obligatoire des ballasts (un régime volontaire a été implanté) sont envisagés pour prévenir l'introduction d'autres espèces exotiques.

effectuées pendant trois décennies et qui sont maintenant enchâssées dans l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, lequel prévoit la « gestion écosystémique » des Grands Lacs. Un groupe de travail de la Commission mixte internationale a résumé le problème en 1989, lorsqu'il a conclu que les mesures prises pour limiter les variations du niveau de l'eau dans l'ensemble du réseau étaient probablement vaines.

Le changement climatique

Le réchauffement climatique à l'échelle mondiale influera considérablement sur le régime hydrologique des Grands Lacs (tableau 18.12), comme l'a confirmé le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique (1990). Les changements qui toucheraient l'écosystème naturel seraient progressifs et entraîneraient finalement la disparition de certaines de ses caractéristiques actuelles. De nombreux milieux humides seraient détruits, et les forêts et d'autres milieux terrestres changeraient de même que les habitats fauniques qui leur sont associés. Les habitats du poisson seraient profondément altérés et le changement climatique serait probablement favorable aux espèces d'eaux plus chaudes, comme l'achigan, le bar-perche et le crapet, mais nuisible à la truite, au saumon, au cisco de lac et au grand corégone (Meisner et collab., 1988; Regier et collab., 1989). Après une période d'ajustement, un lac donné produirait probablement un plus grand nombre de poissons pour la pêche, mais le mélange d'espèces serait différent.

Le changement climatique provoquerait une réduction de l'apport naturel d'eau dans le bassin des Grands Lacs, ce qui aurait également des effets importants sur les activités humaines : des niveaux d'eau plus bas limiteraient la navigation, malgré le plus grand nombre de jours sans glace, ainsi que la production d'hydroélectricité. Les variations de la température et de la hauteur des précipitations auraient d'importantes répercussions sur l'agriculture, l'exploitation forestière et les loisirs.

Les effets du changement climatique sur les régions avoisinantes pourraient accroître les pressions exercées en vue de dériver de plus grands volumes d'eau des Grands Lacs. Même aujourd'hui, la dérivation accrue de l'eau des Grands Lacs vers les régions arides du sud-ouest des États-Unis reste un problème épineux. Dans un scénario, celui du canal GRAND (GRAND est l'acronyme de Great Recycling and Northern Development), la baie James serait transformée en un lac d'eau douce dont les eaux seraient dérivées vers les Grands Lacs pour compenser les exportations d'eau vers les États-Unis. De toute évidence, les effets sur les écosystèmes et l'économie seraient considérables, et ces effets sont actuellement l'objet de discussions et de recherches.

LA GESTION ÉCOSYSTÉMIQUE DES GRANDS LACS

L'écosystème du bassin des Grands Lacs est soumis depuis longtemps à des agressions humaines, notamment la surexploitation des ressources renouvelables, les changements physiques, la pollution par divers contaminants classiques et toxiques et l'introduction d'espèces exotiques. Le tableau 18.13 énumère les indicateurs des conditions et des tendances environnementales.

L'Accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs avait pour but de rétablir et de maintenir l'intégrité chimique, physique et biologique des eaux de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Il mentionnait que l'intégrité de l'écosystème était d'une importance primordiale et reconnaissait que les solutions nécessitaient la mise en œuvre de programmes portant sur les liens entre tous les éléments de l'écosystème, à savoir l'air, la terre, l'eau, les plantes et les animaux sauvages, de même que les humains et leurs activités.

La mise en œuvre d'une gestion écosystémique représente un grand défi. On a réduit les apports de phosphore dans les lacs Érié et Ontario en réglementant les sources de déchets urbains, mais il reste encore à éliminer de nombreuses sources d'agression physique, chimique et biologique. Il est primordial que la population reconnaisse qu'elle fait partie intégrante de l'écosystème et qu'elle ne maîtrise pas la nature.

Conditions générales projetées pour le bassin des Grands Lacs par suite du doublement du dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre

Température	• hausse de 4 à 5 °C de la moyenne annuelle, de 5 à 6 °C de la moyenne hivernale et de 3 à 4 °C de la moyenne estivale
Précipitations	• en hausse
Évaporation et évapotranspiration	• forte hausse
Ruissellement	• en baisse
Enneigement	• réduit de 50 à 100 %
Saison nivale	• raccourcie de 2 à 4 semaines
Couverture de glace	• réduite, peut-être nulle
Humidité du sol	• réduite
Alimentation en eau totale nette du bassin	• réduite de 15 à 30 %
Niveaux de l'eau	• en baisse

Source : Colborn et collab., 1990.

La qualité de vie des résidants du bassin

Le niveau de vie des résidants du bassin des Grands Lacs est assez élevé. Les statistiques sur l'équipement des ménages ontariens nous renseignent sur le mode de vie des résidants actuels du bassin : 44 % des ménages possèdent un climatiseur; 40 %, un lave-vaisselle; 62 %, une magnétocassette; 80 %, une automobile; et 30 %, deux automobiles ou plus.

Les résidants du bassin des Grands Lacs continuent de payer le prix du mode de vie qu'ils ont adopté, soit la pollution et les coûts élevés de l'énergie, des

aliments, du logement et d'autres nécessités. De même, les mises en garde contre la consommation de certains poissons des Grands Lacs, la fermeture des plages, les avertissements de pollution atmosphérique et des accidents comme le déversement qui s'est produit dans la rivière St. Clair en 1985 ont amené les gens à faire face aux répercussions de leur mode de vie.

TABLEAU 18.13

État de santé de l'écosystème du bassin des Grands Lacs

Facteur	Temps de réaction	Bassin seulement	État actuel ou tendances
A. Concentration des contaminants dans des milieux donnés			
1. qualité de l'air	jours–mois	non	progrès inégal; conditions périodiquement inacceptables dans les grandes villes
2. qualité des eaux de surface	mois–années	oui	amélioration générale depuis les années 1970, exception faite de certains contaminants et de certains endroits
3. sédiments contaminés	décennies–siècles	oui	généralement stables ou en voie d'amélioration, exception faite de certains endroits
4. eaux souterraines	décennies–siècles	oui	dégradation; système mal compris
B. Faune, y compris les poissons			
5. contamination toxique des tissus	effets étayés sur les générations	non	amélioration dans les années 1970; tendances actuelles variables et non uniformes
6. état des populations	années–décennies	non	variable
7. habitat	jours–siècles	oui	ralentissement des pertes et de la détérioration; nombreux secteurs d'importance critique menacés
8. diversité des espèces	décennies–siècles	non	quelques espèces menacées
C. Végétation terrestre			
9. santé des communautés végétales	mois–décennies	oui	peu surveillée; particulière à chaque région géographique; certaines préoccupations évidentes
10. diversité des espèces	mois–décennies	oui	quelques espèces menacées
D. Terres			
11. agriculture et urbanisation	jours–années	oui	perte continue de terres à potentiel agricole élevé, mais réduction des pertes par habitant; problèmes locaux limités mais non généralisés
12. productivité des sols	années–décennies	oui	généralement stable
13. érosion des sols	mois–décennies	oui	érosion naturelle continue; généralement stable par rapport à d'autres parties de l'Amérique du Nord
14. érosion des rives	jours–années	oui	érosion naturelle continue; utilisation inadéquate continue des rives vulnérables
E. Caractéristiques humaines			
15. santé	jours–générations	non	peu d'indices à l'effet que la santé des adultes est menacée par les contaminants toxiques; certains sous-groupes à risques élevés; effets subtils chroniques et effets sur les générations suscitant des préoccupations croissantes

Source : Colborn et collab., 1990.

De plus en plus, les résidants du bassin constatent qu'ils sont responsables de leurs propres actions et qu'ils font partie intégrante de l'écosystème. Ils exigent donc que les autorités prennent des mesures qui auraient été jugées impensables il y a seulement une dizaine d'années. Dans une enquête menée par la firme Goldfarb en 1989, les Torontois ont indiqué que la pollution de l'air constituait leur principale préoccupation en matière d'environnement et, fait étonnant, 71 % ont mentionné être en faveur de la fermeture des usines polluantes, même au prix de pertes d'emplois.

L'intégration de l'environnement et de l'économie et le développement durable

Pour assurer le développement durable des ressources, il faut tenir des débats publics sur les questions économiques et environnementales. À mesure que la société moderne reconnaît l'existence de liens étroits entre l'état de l'économie et l'état de l'environnement, les comportements changent, à un rythme toutefois très lent. En 1987, la Commission mondiale sur l'environnement et le développement a mentionné fort pertinemment que l'environnement est lié aux activités, aux ambitions et aux besoins des humains et qu'il est l'endroit où nous vivons tous.

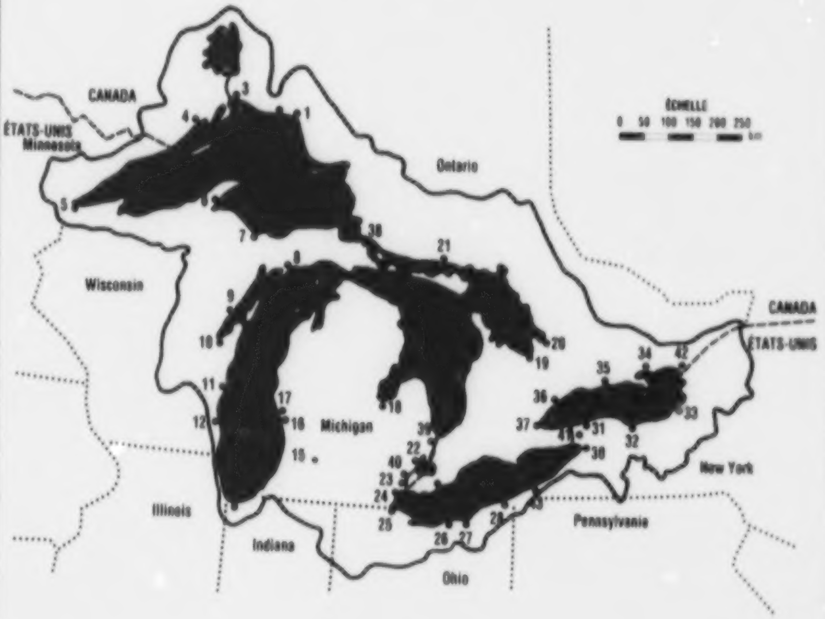
Trois étapes ont marqué l'évolution du débat sur l'environnement :
1) les inquiétudes touchant la pollution de l'environnement exprimées dans un mode de « réaction–action »;
2) l'intégration des préoccupations environnementales à la conscience sociale par l'élaboration d'une politique officielle et d'un processus de prise de décisions axés davantage sur la prévision et la prévention; et
3) l'établissement de nouvelles priorités à mesure que la société reconnaît la nécessité d'apporter des changements au mode de vie dans l'optique du développement durable (MacNeill, 1989). Il y aura inévitablement une restructuration économique et culturelle à l'échelle locale et planétaire.

Le mode de « réaction–action » s'applique aux 43 secteurs de préoccupation établis par la Commission mixte internationale (figure 18.13). Sous l'action combinée de plusieurs abus environnementaux, y compris le rejet d'effluents urbains et de déchets industriels toxiques, ces secteurs ont été considérablement dégradés. Leur rétablissement nécessitera l'injection de sommes énormes et l'application de mesures correctives pendant des décennies. La décontamination des 43 secteurs de préoccupation devrait coûter entre 12 et 25 milliards de dollars, estimation qui pourrait être en-deçà de la réalité, car elle exclut les coûts à court terme et à long terme associés à divers facteurs (Rapport, 1989), dont les suivants :

- la résolution du problème de la contamination des sédiments de fond, pour lequel il n'existe pas de solution technique bien définie à l'heure actuelle;
- la décontamination associée aux méthodes actuelles de confinement dans les installations de gestion des déchets solides et dangereux et dans les installations municipales et industrielles existantes;
- la réduction des émissions et des rejets de polluants;
- la décontamination des zones dégradées en bordure des Grands Lacs ainsi que des lacs et des cours d'eau de l'intérieur qui ne figurent pas actuellement sur la liste des 43 secteurs de préoccupation;
- le remplacement et l'entretien des infrastructures municipales associées à la manipulation et au traitement des eaux en raison du relèvement des normes environnementales, de la vétusté des installations et de la croissance démographique;
- la restauration et le maintien des habitats du poisson et d'autres espèces fauniques, y compris la réglementation des zones protégées, des parcs et des activités récréatives; et

FIGURE 18.13

Secteurs de préoccupation du bassin des Grands Lacs



Secteur de préoccupation

	Lac Supérieur
1	Havre Peninsula
2	Baie Jackfish
3	Baie Nipigon
4	Baie Thunder
5	Rivière et baie St. Louis
6	Lac Torch
7	Lac Deer, Lac Carp, Rivière Carp
	Lac Michigan
8	Rivière Manistique
9	Rivière Menominee
10	Rivière Fox, sud de la baie Green
11	Rivière Sheboygan
12	Estuaire de la rivière Milwaukee
13	Port de Waukegan
14	Grand Calumet, Port d'Indiana
15	Rivière Kalamazoo
16	Lac Muskegon
17	Lac White
	Lac Huron
18	Rivière et baie Saginaw
19	Port de Collingwood
20	Baie Penetang à baie Sturgeon
21	Rivière Spanish

	Lac Érié
22	Rivière Clinton
23	Rivière Rouge
24	Rivière Raisin
25	Rivière Maumee
26	Rivière Black
27	Rivière Cuyahoga
28	Rivière Ashtabula
29	Havre Wheatley
30	Rivière Buffalo
43	Baie Presque Isle (Havre Erie)
	Lac Ontario
31	Ruisseau Eighteen Mile
32	Baie Rochester
33	Rivière Oswego
34	Baie de Quinte
35	Port Hope
36	Secteur riverain de Toronto
37	Port de Hamilton
	Chenaux de navigation interlacustres
38	Rivière St. Marys
39	Rivière St. Clair
40	Rivière Detroit
41	Rivière Niagara
42	Fleuve Saint-Laurent

Source : Colborn et collab., 1990.

Les plans de mesures correctives : une application de la gestion écosystémique

Au printemps, les concentrations d'ammoniac sont si élevées dans le port de Hamilton qu'elles sont toxiques pour les poissons. L'ammoniac est rejeté dans le bassin fermé du port par les stations de traitement des eaux et, à un degré moindre, par l'industrie. La présence d'ammoniac est l'une des raisons pour lesquelles le port de Hamilton a été désigné comme secteur de préoccupation. Elle est également la cause de la faible teneur en oxygène des eaux du port en été.

Il y a 43 secteurs de préoccupation en bordure des Grands Lacs (voir la figure 18.13). Ce sont des « points chauds » où des problèmes environnementaux persistants nuisent aux utilisations bénéfiques de l'eau, notamment l'approvisionnement en eau potable et la natation, et à la qualité de l'habitat des organismes aquatiques. Des plans de mesures correctives sont actuellement élaborés dans le but de décontaminer chacun de ces secteurs. Ils constituent un excellent moyen concret de mettre en œuvre, à grande échelle, une méthode écosystémique visant la restauration complète de l'environnement du bassin des Grands Lacs. Ils sont établis de manière à intégrer un vaste éventail de domaines scientifiques et techniques, d'organismes et d'intérêts communautaires. En collaboration avec les collectivités, les organismes cernent le problème environnemental et en déterminent les causes, puis fixent des objectifs et proposent des mesures de décontamination aux intervenants de tous les secteurs.

Le plan de mesures correctives du port de Hamilton est cité en exemple. Son groupe multipartite représente des organismes de trois ou quatre paliers de gouvernement, des organisations privées de citoyens, y compris des groupes d'environnementalistes, des représentants élus et des industries; chacun est responsable ou fait usage, à divers degrés, de l'eau du port de Hamilton.

Vu le succès incontestable des mesures prises pour régler les problèmes de la qualité de l'eau au cours des 20 dernières années et compte tenu de l'appui obtenu de la population pour les phases finales de la décontamination entreprise en vertu du programme des plans de mesures correctives, ces efforts collectifs serviront de base à la restauration et au maintien de l'intégrité du bassin hydrographique et des agglomérations environnantes.

Source : Cole-Misch et collab., 1990.

- la réduction de la fréquence des déversements et des rejets accidentels (de nombreux déversements mineurs se produisent tous les ans, mais les déversements majeurs sont moins fréquents).

Le résultat net de la compilation préliminaire des estimations afférentes à la remise en état des secteurs de préoccupation, combiné aux coûts cachés susmentionnés, mène à la conclusion qu'il faudra consacrer des dizaines de milliards de dollars pour atteindre l'objectif de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, soit le rétablissement et le maintien de l'intégrité de l'écosystème du bassin des Grands Lacs (Colborn et collab., 1990).

Les coûts estimatifs de la décontamination paraissent élevés, mais le produit intérieur brut annuel de l'Ontario et celui des huit États américains adjacents aux Grands Lacs est supérieur à un trillion de dollars. De plus, l'exécution de tous les travaux s'étendrait sur plusieurs décennies. L'expérience passée a montré qu'il a fallu au moins 25 ans avant de s'attaquer aux principaux problèmes environnementaux des Grands Lacs — lutte contre la lamproie, surpêche, eutrophisation par les phosphates, pollution par des agents pathogènes, pesticides rémanents —, et ce, après la prise d'une décision binationale appropriée; toutefois, aucun de ces problèmes n'est encore entièrement réglé. En termes économiques, ces problèmes sont le legs de deux siècles d'activités humaines dans le bassin des Grands Lacs.

Cette hypothèque levée sur l'environnement est le résultat direct de la croyance populaire voulant que la dégradation du milieu soit le prix à payer pour la prospérité et le progrès. Toutefois, il appert maintenant que l'on ne peut plus ignorer les dommages causés à la santé humaine et aux ressources naturelles et qu'il faut désormais lutter contre la dégradation du milieu.

Le prix énorme que doit payer la société actuelle pour rembourser la dette de la dégradation du milieu a favorisé l'élaboration de politiques axées davantage sur la prévision et la prévention. Cette deuxième étape du débat environnemental mène à des conclusions plutôt étonnantes et encourageantes. Les collectivités qui remettent en état les secteurs urbains riverains des Grands Lacs jouent un rôle de chef de file dans l'intégration concrète de la qualité du milieu à l'activité économique. Ainsi, les autorités de la ville de Toronto ont reconnu que le secteur riverain est une ressource importante non seulement pour le transport et le commerce, mais aussi pour le mieux-être de la société et de tous les éléments de l'écosystème (Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto, 1990). Les collectivités riveraines des Grands Lacs ont reconnu que le développement respectueux de l'écosystème, loin d'accroître les coûts pour la société, est essentiel à la reprise de l'activité économique ainsi qu'à la fierté et au bien-être collectifs.

Néanmoins, par nos habitudes de consommation et de production, nous continuons d'exercer des contraintes excessives sur le milieu; il faudra renverser cette tendance si nous voulons lutter contre la dégradation du milieu, rattraper le temps perdu et atteindre l'objectif du développement durable. L'analyse des activités humaines en fonction du modèle d'agression–réaction dans le réseau des Grands Lacs a confirmé cette conclusion. Le changement d'habitudes doit être

motivé par un changement simultané des valeurs, et c'est la troisième étape du débat environnemental que vient de franchir la société.

En fait, des indices concluants laissent supposer que la société a modifié ses habitudes, même si les progrès concrets sont peu nombreux. À l'automne de 1989, plus de 800 résidants du bassin des Grands Lacs ont participé à la cinquième biennale de la Commission mixte internationale. Ils ont exhorté la Commission à demander instamment aux gouvernements canadien et américain de prendre des mesures pour lutter contre la dégradation du milieu et d'adopter des politiques axées sur la prévision et la prévention. Cette intervention traduit l'émergence de valeurs qui étaient absentes il y a quelques années seulement, et justifie un certain optimisme. De plus, les citoyens de nombreuses collectivités ont participé à l'établissement des buts des plans de mesures correctives (voir l'encadré 18.3), et ces plans constituent le premier test pratique de la gestion écosystémique du bassin des Grands Lacs.

CONCLUSIONS

L'écosystème du bassin des Grands Lacs a vraisemblablement frôlé la catastrophe à la fin des années 1960 et au début des années 1970. Depuis, la situation s'est améliorée à maints égards. Ainsi, les teneurs en éléments nutritifs ont été considérablement réduites, ce qui représente un franc succès à l'échelle binationale. Les concentrations de contaminants toxiques ont également été réduites, mais il appert maintenant qu'elles se sont stabilisées à des niveaux qui continueront de dégrader grandement l'écosystème.

Malgré les progrès accomplis ces 20 dernières années, l'écosystème des Grands Lacs est toujours en péril. Les habitats du poisson et d'autres espèces fauniques restent dégradés, et des menaces planent toujours sur la santé humaine et l'écosystème. Bon nombre de baies, de ports et de canaux sont encore très pollués et l'estimation des coûts de leur remise en état a mis au jour une « hypothèque » environnementale s'élevant à des dizaines de milliards de dollars. L'évaluation globale de l'état de l'environnement des Grands Lacs fait naître, chez chacun d'entre nous, 1) un sentiment de prudence malgré des indices encourageants, 2) un sentiment d'inquiétude devant l'état actuel de l'écosystème et 3) un sentiment d'urgence face à la décontamination des secteurs de préoccupation et à la prévention de la pollution dans d'autres secteurs.

Dans l'avenir, il faudra tenir compte, lors de nos prises de décisions d'ordre économique, des limites et de l'interaction des éléments du milieu ambiant si nous voulons assurer la pérennité du bassin aux points de vue écologique, social et économique et de la santé. Il faudra prendre des mesures axées sur la prévention plutôt que sur le redressement. De nombreuses collectivités ont mis cette théorie en pratique et amélioré les secteurs riverains. Toutefois, dans leurs décisions quotidiennes allant de l'achat d'une voiture aux pratiques de jardinage et à la consommation de l'énergie, les consommateurs doivent tenir compte des répercussions de leurs gestes sur l'environnement. Il faut également favoriser la collaboration et l'engagement des entreprises, des municipalités et des écologistes, mis en évidence par le processus des plans de mesures correctives, afin que l'on puisse trouver et appliquer des solutions réalisables. Un tel changement de valeurs est perceptible chez les résidants du bassin des Grands Lacs et justifie un certain optimisme.

OUVRAGES CITÉS

Allan, R.J. 1985. « Foreword. » Detroit River – St. Clair River special issue of the *Journal of Great Lakes Research*, 11(3) : 192.

Ashworth, W. 1986. *The late, Great Lakes*. Alfred A. Knopf, New York.

Barica, J. 1987. « Increases of nitrate in the Great Lakes ». National Water Research Institute Contribution no. 87–77. Pages 300–312 dans : Welte, E., et I. Szabolcs (réd.). *Proceedings of the 5th International CIEC Symposium*, Balatonfured, Hongrie, septembre 1987. Vol. 2, Section I.

Bennett, E.B. 1986. « The nitrifying of Lake Superior. » *Ambio*, 15(5) : 272–275.

Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa.

Bishop, C., et D.V. Weseloh. 1990. *Les contaminants dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs*. Feuillet d'information EDE n° 90-2. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Boulanger, F., et J. Charbonneau. 1989. *An analysis of the economic contribution of the Great Lakes sea lamprey control program*. Rapport soumis à la Commission de la recherche sur les pêches des Grands Lacs.

Brooksbank, M.G. 1987. *Control and management of hazardous waste sites in the Niagara River area*. Document inédit présenté à la Hazardous Materials Management Conference and Exhibition of Canada, 9–11 septembre 1987, Toronto. Région de l'Ontario, Environnement Canada, Toronto.

Bruce, J.P. 1984. « Great Lakes levels and flows: past and future. » *Journal of Great Lakes Research*, 10(1) : 126–134.

Carson, R. 1968. *Printemps silencieux*. Coll. Le livre de poche n° 2378, Série Exploration, Hachette.

Colborn, T.E. 1988. *Great Lakes toxics working paper*. Rapport préparé à contrat pour Environnement Canada. Inédit.

Colborn, T.E., A. Davidson, S.N. Green, R.A. Hodge, C.I. Jackson et R.A. Liroff. 1990. *Great Lakes, great legacy?* The Conservation Foundation, Washington, DC, et L'Institut de recherches politiques, Ottawa.

Cole-Misch, S., C. Crucil et L.L. Doust. 1990. « RAPs encourage new era of shared commitment for Great Lakes Areas of Concern. » *Focus on International Joint Commission Activities*, 15(2) : 1–7. Commission mixte internationale, Windsor.

Comité des toxiques du lac Ontario. 1989. *Lake Ontario toxics management plan*. Région de l'Ontario, Environnement Canada, et ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Commission mixte internationale. 1964. *Régularisation des niveaux des Grands lacs*. Ottawa et Washington.

Commission mixte internationale. 1985. *Dérivation et consommation des eaux des Grands Lacs*. Ottawa et Washington.

Commission mixte internationale. 1986. *Lake levels*. Ottawa et Washington.

Commission mixte internationale. 1987*a*. *1987 report on Great Lakes water quality*. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Windsor.

Commission mixte internationale. 1987*b*. *Summary report on Great Lakes atmospheric deposition*. Conseil consultatif scientifique, Conseil de la qualité de l'eau et Conseil international sur la qualité de l'atmosphère, Toronto.

Commission mixte internationale. 1989. *Rapport de 1989 sur la qualité de l'eau des Grands Lacs*. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Windsor.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve, et le ministère des Communications du Québec, Montréal.

Commission royale sur l'avenir du secteur riverain de Toronto. 1990. *Environment in transition: a report on Phase I of an environmental audit of Toronto's east bayfront and port industrial area*. Rapport n° 10. Toronto.

Davidson, A., et T. Hodge. 1989. « The fate of the Great Lakes. » *Options politiques*, 10(8) : 19–26.

Department of Environmental Conservation. 1987. *Comparison of 1981–1982 and 1985–1986 toxic substance discharges to the Niagara River*. New York State Department of Environmental Conservation, Albany.

Devault, D.S., W.A. Willford, R.H. Hesselberg, D.A. Nortrupt, E.G.S. Rundberg, A.K. Alwan et C. Bautista. 1986. « Contaminant trends in lake trout (*Salvelinus namaycush*) from the upper Great Lakes. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15 : 349–356.

Emery, L. 1985. *Review of fish species introduced into the Great Lakes, 1819–1974*. Rapport n° 45 de la Commission de la recherche sur les pêches des Grands Lacs.

Environnement Canada, United States Environmental Protection Agency, Brock University et Northwestern University. *Les Grands Lacs : atlas écologique et manuel des ressources*. Environnement Canada, Toronto, et United States Environmental Protection Agency, Chicago.

Gouvernement du Canada. 1991. *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes*. Deux vol. et résumé. Environnement Canada, Toronto (Ontario), Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario) et Santé et Bien-être social Canada, Ottawa (Ontario).

Gradient Corporation and GeoTrans Inc. 1988. *Potential contaminant loadings to the Niagara River from U.S. hazardous waste sites*. United States Geological Survey et United States Environmental Protection Agency, Washington. Préparé pour le Comité des toxiques de la rivière Niagara.

Great Lakes National Program Office. 1990. *Lake Michigan intensive survey 1976–1977, management report*. EPA-905/4-80-003-B. United States Environmental Protection Agency, Chicago.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Rapport du Groupe de travail II (Incidences)*. Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Hartman, W.L. 1988. « Historical changes in the major fish resources of the Great Lakes. » Pages 103–131 dans : Evans, M.S. (réd.). *Toxic contaminants and ecosystem health: a Great Lakes focus*. John Wiley and Sons, Toronto.

Heidenreich, C.E. 1987. « Le bassin des Grands Lacs, 1600–1653. » Planche 35 dans : *Atlas historique du Canada. Vol. I : Des origines à 1800*. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.

Herricks, E.E., et D.J. Schaeffer. 1987. *A strategy for determining "how clean is clean" from an ecosystem perspective*. Document inédit préparé pour le Conseil consultatif scientifique des Grands Lacs. Commission mixte internationale, Windsor.

Hodge, R.A. 1989. « Groundwater in the Great Lakes basin : the natural system, use and abuse, policy implications. » *Chicago-Kent Law Review*, 65(2) : 439–463.

Koci, R., et D. Munchee. 1984. « Ontario's quest for clean water. » *Legacy*, 12(3) : 22–31. Direction des communications, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

L'équipe de gestion du projet. 1989. *Les Grands Lacs et leurs utilisateurs : Enjeux et perspectives*. Commission mixte internationale, Ottawa et Washington.

Mackay, D. 1989. « Modeling the long-term behavior of an organic contaminant in a large lake; application to PCBs in Lake Ontario. » *Journal of Great Lakes Research*, 15(2) : 283–297.

MacNeil, J. 1989. Cité à la page 97 dans : Elkington, T., et T. Burke. *The green capitalists*. Victor Gollance Ltd., Londres, Angleterre.

McCullough, G.B. 1985. « Wetland threats and losses in Lake St. Clair. » Pages 202–209 dans : Prince, H.H., et F.M. D'Itri (réd.). *Coastal wetlands*. Lewis Publications, Chelsea, Michigan.

Meisner, J.D., J.S. Rosenfeld et H.A. Regier. 1988. « The role of groundwater in the impact of climate warming on stream salmonids. » *Fisheries*, 13(3) : 2–8.

Ministère de l'Environnement et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1991. *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*. Toronto.

Moiseev, N.N. 1988. Déclaration à l'audience publique de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement tenue le 8 décembre 1986 à Moscou, en Russie. Cité à la page 342 dans : Commission mondiale sur l'environnement et le développement. *Notre avenir à tous*. Les Éditions du Fleuve et le ministère des Communications du Québec, Montréal.

Niagara River Coordinating Committee. 1990. *The Niagara River toxics management plan, 1990 update*. United States Environmental Protection Agency, New York, et Environnement Canada et ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Noble, D. 1990. *Les contaminants chez les oiseaux de mer du Canada*. Rapport EDE n° 90-2. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Pupp, C., G. Grove, S.M. Mac Ritchie et K.W.F. Howard. En cours de rédaction. *Groundwater quality in Ontario, hydrogeology, quality concerns, management*. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Rapport, D.J. 1983. « The stress-response environmental statistical system and its applicability to the Laurentian Lower Great Lakes. » *Statistical Journal of the United Nations, Economic Commission for Europe*, 1 : 377–405.

Rapport, D.J. 1989. *Review of the Great Lakes Remedial Action Plans: what might the RAP accomplish and what might it cost?* Rapport inédit préparé pour Statistique Canada et l'Institut pour la recherche sur la politique publique.

Rapport, D.J., et A.M. Friend. 1979. *Projet d'établissement d'un système général d'information sur l'environnement au Canada : l'approche agression-réaction*. Publication n° 11–510 au catalogue. Hors-série. Statistique Canada, Ottawa.

Regier, H. 1988. *Generic guidelines for the review of ecosystem initiatives in the Great Lakes basin*. Document inédit. Institut d'études environnementales, Université de Toronto, Toronto.

Regier, H.A., J.J. Magnuson, B.J. Shuter, D.K. Hill, J.A. Holmes et J.D. Meisner. 1989. « Likely effects of global climate change on fish associations in the Great Lakes. » Pages 235–253 dans : Topping, J.C. (réd.). *Coping with climate change*. Compte rendu de la 2nd North American Conference on Preparing for Climate Change, 6-8 décembre 1988, Washington, DC. The Climate Institute, Washington, DC.

Regier, H.A., P. Tuunainen, Z. Russek et L.-E. Persson. 1988. « Rehabilitative redevelopment of the fish and fisheries of the Baltic Sea and the Great Lakes. » *Ambio*, 17(2) : 121–130.

Rousmanière, J. 1979. *The enduring Great Lakes*. American Museum of Natural History. W.W. Norton and Co., New York.

Sly, P.G. 1990. *The effects of land use and cultural development on the Lake Ontario ecosystem since 1750*. Académie Rawson des sciences de l'eau, Ottawa.

Snell, E.A. 1987. *Répartition et conversion des milieux humides dans le sud de l'Ontario*. Document de travail n° 48. Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada, Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Statistique Canada. 1986. *Activité humaine et l'environnement : un compendium de statistiques*. Direction des études analytiques, Statistique Canada, Ottawa.

Steedman, R.J. 1986. « An overview of water supply and sanitation in Toronto, 1973–1984. » *Toronto Field Naturalist*, 383 : 18–28.

Stephenson, T.D. 1990. « Fish reproductive utilization of coastal marshes of Lake Ontario near Toronto. » *Journal of Great Lakes Research*, 16(1) : 71–81.

Strachan, W.M. J., et S.J. Eisenreich. 1988. « Mass balancing of toxic chemicals in the Great Lakes: the role of atmospheric deposition. » Appendix I in International Air Quality Advisory Board, Workshop on the Estimation of Atmospheric Loadings of Toxic chemicals to the Great Lakes Basin, October 29–31, 1986, Windsor, Ontario. Commission mixte internationale, Windsor.

Talhelm, D.R. 1988. *Economics of Great Lakes fisheries: a 1985 assessment*. Technical Report N°. 54. Great Lakes Fishery Commission, Ann Arbor, Michigan.

Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988. *Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Vol. I, Executive summary*. Environnement Canada, Toronto.

Weller, P. 1988. *State of the Great Lakes region environment: wetlands*. Rapport inédit. Division de l'interprétation des données environnementales, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Whillans, T.H. 1982. « Changes in marsh areas along the Canadian shore of Lake Ontario. » *Journal of Great Lakes Research*, 8 : 570–577.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Banks, B. 1990. « Alien onslaught. » *Equinox*, 53 : 69–75.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : Les espèces menacées de disparition au Canada*. Éd. Broquet Inc., LaPrairie (Québec), en collaboration avec Environnement Canada et Approvisionnements et Services Canada, Ottawa (Ontario).

Cobb, C.E., Jr. 1987. « The Great Lakes' troubled waters. » *National Geographic*, 172(1) : 2–31.

Gorrie, P. 1990–1991. « Great Lakes clean-up at critical turning point. » *Canadian Geographic*, 110(6) : 44–57.

Leger, C. 1990. *Cleaning up Great Lakes toxic hotspots: how much will it cost; how can it be paid for?* Northeast-Midwest Institute, Centre for Regional Policy, Washington, DC.

National Wildlife Federation et Institut canadien du droit et des politiques de l'environnement. 1991. *A prescription for healthy Great Lakes: Report of the Program for Zero Discharge*. National Wildlife Federation, Great Lakes Natural Resource Center, Ann Arbor, Michigan, et Institut canadien du droit et des politiques de l'environnement, Toronto (Ontario).

Wright, J.V. 1987. « Établissement agricole iroquoien. » Planche 12 dans : Matthews, G.J. *Atlas historique du Canada, Vol. I : Des origines à 1800*. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.

Young, H.L., D.I. Siegel, R.J. Mandle et A.L. Kontis. 1986. *Northern midwest regional aquifer-system study in Regional Aquifer-System Analysis Program of the U.S. Geological Survey*. U.S. Geological Survey Circular 1002. United States Government Printing Office, Washington, DC.

REMERCIEMENTS

Les principaux auteurs de ce chapitre sont Tony Hodge, Université McGill (Montréal), et Paul Bubelis, Environnement Canada (Toronto). Tous deux tiennent à remercier Darrell Piekarz, Bureau de l'environnement des Grands Lacs, Environnement Canada (Toronto), qui a coordonné la préparation des manuscrits préliminaires et qui a également apporté son concours à l'élaboration et aux révisions du texte.

L'élaboration de ce chapitre aurait été impossible sans les contributions du personnel des bureaux régionaux ontariens d'Environnement Canada et de Pêches et Océans Canada. Nous désirons remercier particulièrement Jan Barica, Institut national de recherche sur les eaux (Burlington), Peter Chen, Service de l'environnement atmosphérique (Toronto), John Neate, Centre de technologie des eaux usées (Burlington), Janet Planck, Service canadien de la faune (London), Don Rivard, Service canadien des parcs (Cornwall), Ann Sudar, Direction générale des eaux intérieures (Burlington), et John Fitzsimmons, Pêches et Océans Canada (Burlington). Ces personnes ont préparé une documentation manuscrite pour plusieurs versions et donné de précieux conseils sur le contenu et la présentation de ces versions.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par Henry Regier, Université de Toronto, qui a fourni une matière complémentaire très utile.

Gary Ironside et Paul Bircham, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), ont assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns.

19

GRACIEUSETÉ DE SERGE CÔTÉ, L'IMAGIER EMR

POINTS SAILLANTS

Avec ses écosystèmes d'eau douce, d'eau saumâtre et d'eau salée, le Saint-Laurent renferme des habitats essentiels à la survie des communautés fauniques et floristiques. Toutefois, la détérioration de la qualité de l'eau et des habitats du fleuve a eu des effets néfastes sur ces communautés : une trentaine d'espèces fauniques et 183 espèces végétales rares du corridor du Saint-Laurent pourraient être menacées de disparition.

■

Près de 5 millions de personnes habitent dans la vallée du Saint-Laurent, dont 4,3 millions sont des Québécois. L'eau potable de près de la moitié de la population du Québec vient du fleuve. Les régions les plus industrialisées du Québec se trouvent le long du Saint-Laurent. Les industries tirent leur eau du fleuve, mais elles y rejettent également leurs effluents. À cela s'ajoute les eaux usées non traitées des municipalités et des industries de l'agro-alimentaire et des pâtes et papiers.

■

La navigation commerciale revêt une grande importance économique, mais les travaux de remblayage et de dragage du fleuve entraînent des modifications des habitats aquatiques.

■

Les retombées économiques des activités touristiques au Québec sont également importantes. La majorité des infrastructures d'accueil, des sites historiques et des activités récréatives sont concentrés dans la vallée du Saint-Laurent. À proximité des villes, la contamination microbienne de l'eau, particulièrement là où les eaux d'égouts sont rejetées sans traitement dans le fleuve, nuit à la pratique d'activités en milieu aquatique.

■

Les initiatives fédérales, provinciales et municipales en matière de lutte contre la pollution auront des effets positifs sur la qualité de l'eau du fleuve, mais certaines substances toxiques (BPC et HAP) continuent de s'accumuler dans les sédiments ou les maillons de la chaîne alimentaire.

■

Des progrès importants ont été enregistrés dans la réduction des rejets polluants des secteurs des pâtes et papiers et des raffineries, mais il reste beaucoup de travail à faire et plusieurs secteurs comme la métallurgie, la chimie inorganique et les traitements de surface ne sont pas réglementés.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 19-04

Le Saint-Laurent de long en large 19-04
La source et les dimensions du fleuve 19-04
Un portrait hydrodynamique du fleuve 19-05
Une ressource fragile 19-07

Un milieu vulnérable 19-08
Les richesses naturelles du fleuve 19-08
Les écosystèmes 19-08
La flore 19-08
La faune 19-09
La présence humaine 19-10
La croissance démographique 19-10
Les activités industrielles 19-10
La pêche commerciale 19-11
Les activités touristiques et récréatives 19-12

Un fleuve menacé 19-13
La pollution de l'eau 19-13
Les eaux usées et la neige souillée 19-13
Les rejets industriels 19-14
Le secteur agricole 19-16
Le transport maritime et les déversements accidentels 19-17
Les modifications anthropiques du milieu physique 19-18
Les facteurs naturels influencés par les activités humaines 19-18
L'érosion 19-18
Le changement climatique 19-19

L'état du fleuve 19-19
Un diagnostic complexe 19-19
Un bilan provisoire préoccupant 19-19

Un engagement à long terme 19-20
L'intégration de l'environnement et de l'économie 19-20
Une collaboration essentielle 19-20

Conclusion 19-22

Ouvrages cités 19-22

Pour de plus amples renseignements 19-24

Remerciements 19-24

Liste des encadrés

19.1 Une diversité menacée 19-12
19.2 Les prises d'eau 19-13
19.3 La consommation de poisson 19-14
19.4 La qualité de vie 19-15
19.5 La pollution, ça ne date par d'hier 19-15

Liste des figures

19.1 Emplacement du tronçon fluvial, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent 19-05
19.2 Aspects biophysiques du fleuve Saint-Laurent 19-06
19.3 Aspects socio-économiques du fleuve Saint-Laurent 19-10

Liste des tableaux

19.1 Principaux types de pollution, sources, répercussions environnementales et endroits les plus touchés 19-16
19.2 Liste des principaux intervenants dans la sauvegarde et la mise en valeur du Saint-Laurent 19-21

> « En d'autres âges, pendant des milliers et des milliers d'années, ce fleuve qui n'avait pas de nom roulait vers l'Océan sous le regard de Dieu. Issu d'un grand lac anonyme, il contournait des îlots rocheux et des îles verdoyantes, parfois il s'enflait comme le boa digérant sa proie, il épousait ici les longues glissades de son lit, à travers un silence caressé par le frisselis des feuilles ou égratigné par un cri d'oiseau, et là, soudain, fracassant lui-même la paix des bois, il n'était plus que remous furieux, vagues qui s'entre-giflent, bouillons d'écume happés par d'autres cataractes. Enfin, les rives desserraient leur étreinte, et c'est large et fier que ce fleuve connu de Dieu seul allait à l'encontre des marées et des algues, vers un golfe immense comme la mer, où il trouvait à la fois son triomphe et sa mort. »
>
> Robert Choquette, 1972

INTRODUCTION

Depuis des générations, des millions de Québécois entretiennent une relation étroite avec le Saint-Laurent. Cette relation s'explique autant par l'importance stratégique du fleuve et que par les innombrables richesses qu'il recèle. Ce lien privilégié est toutefois remis en question puisque, trop longtemps, on a oublié que le Saint-Laurent est d'abord un milieu de vie.

La perception, fort répandue en Amérique du Nord, que les ressources naturelles sont inépuisables a contribué à l'aliénation de ce bien précieux. Heureusement, cette mentalité est de moins en moins répandue. Les gouvernements, la population et l'industrie, tous commencent aujourd'hui à voir les choses sous un autre angle.

Malgré son extraordinaire potentiel, le Saint-Laurent ne peut être exploité indéfiniment. Ici comme ailleurs, on découvre enfin que le respect du milieu naturel doit façonner le rapport qu'entretiennent les humains avec l'environnement. Grâce à des efforts concertés, la remise en état du fleuve peut devenir une réalité, et c'est ce que les prochaines pages permettent d'entrevoir.

LE SAINT-LAURENT DE LONG EN LARGE

Le Saint-Laurent a joué un rôle de premier plan dans l'histoire du pays. Les Amérindiens, qui l'avaient surnommé « le chemin qui marche », l'ont utilisé pour leurs déplacements et pour leur subsistance. Des colons européens l'ont emprunté pour se rendre jusqu'au cœur du continent américain ou se sont établis sur ses rives, si bien que l'histoire de la Nouvelle-France est étroitement associée à celle du Saint-Laurent.

Au fil des siècles, le Saint-Laurent a été l'élément indispensable à l'établissement des populations et au développement d'une activité économique de premier plan. Ainsi, quelques-unes des plus grosses villes du Canada se sont édifiées sur ses rives. De fait, plus de 80 % de la population du Québec se concentre de part et d'autre du fleuve en un étroit corridor habité. Par ailleurs, de nombreuses usines, dont certaines comptent parmi les plus importantes du pays, se sont également établies en bordure du fleuve.

Le Saint-Laurent est la plus importante voie de navigation intérieure du monde depuis l'ouverture, en 1959, de la Voie maritime du Saint-Laurent. Celle-ci permet d'accéder au lac Supérieur, à 3 750 km de l'océan Atlantique. Le fleuve joue un rôle primordial dans le transport de marchandises de toutes sortes. Ainsi, plus de 1,2 milliard de tonnes de marchandises ont été transportées sur le Saint-Laurent entre 1959 et 1989 (Scott et collab., 1989). Le Mississippi est le seul axe fluvial du continent nord-américain qui le surpasse pour le volume des marchandises transportées (Morissette et collab., 1985).

Le Saint-Laurent est aussi, depuis fort longtemps, un lieu de villégiature. Au XIX^e^ siècle, des régions entières accueillaient un grand nombre d'estivants. À Kamouraska, à Notre-Dame-du-Portage, à Cacouna ou à La Malbaie, la présence saisonnière de citadins a favorisé le développement d'une industrie touristique fort importante pour les populations riveraines.

Le fleuve, c'est enfin un point de repère, un axe de référence privilégié pour de nombreux Québécois.

La source et les dimensions du fleuve

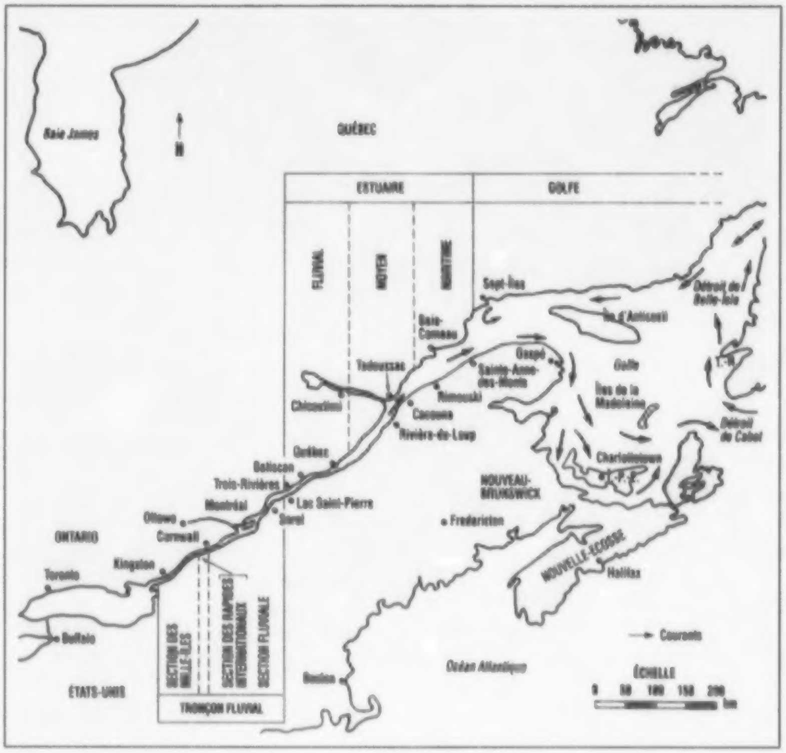
Le Saint-Laurent prend sa source dans les Grands Lacs, qui l'alimentent en grande partie. Son débit oscille autour de 7 300 m^3/s à la sortie du lac Ontario. On estime que l'apport des Grands Lacs représente encore 54 % du débit du fleuve à la hauteur de Tadoussac.

Le tronçon fluvial, l'estuaire et le golfe drainent un territoire d'environ 673 000 km^2 (Scott et collab., 1989). Si l'on tient compte du territoire drainé par les Grands Lacs, qui sont difficilement dissociables du Saint-Laurent, la superficie de son bassin hydrogra-

phique est de 1 183 324 km² (Germain et Janson, 1984), ce qui place le Saint-Laurent au deuxième rang des cours d'eau du Canada, le fleuve Mackenzie occupant le premier rang. En revanche, le Saint-Laurent est en tête de tous les cours d'eau canadiens pour ce qui est du débit moyen.

Le Saint-Laurent s'étend sur plus de 1 500 km et est bordé par 4 200 km de rives (LAPEL Inc., 1989). Sa configuration est très variable, allant du chenal étroit à un vaste golfe, en passant par des rapides et des élargissements naturels (les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre ainsi que le bassin de LaPrairie). Sa largeur passe d'à peine 1 km un peu en amont de Québec à 70 km à la hauteur de Baie-Comeau.

Le bassin hydrographique du Saint-Laurent comprend des centaines de cours d'eau. D'après la superficie qu'elles drainent, les principales rivières au nord du fleuve sont, dans l'ordre, la rivière des Outaouais (146 000 km²), le Saguenay (88 000 km²), la Manicouagan (45 900 km²) et le Saint-Maurice (43 200 km²); au sud, ce sont les rivières Richelieu (23 700 km²), Saint-François (10 200 km²) et Chaudière (6 690 km²) (Landry et Mercier, 1984).



Un portrait hydrodynamique du fleuve

Les caractéristiques hydrologiques du Saint-Laurent varient selon les tronçons. La circulation des eaux résulte de l'action combinée de divers facteurs comme le relief du fond, la profondeur, les apports d'eau douce, les courants et la marée (figure 19.1).

Le tronçon fluvial, défini par l'absence de marée, se divise en trois parties : la section des Mille Îles, la section des rapides internationaux, puis la section fluviale qui s'étend jusqu'au lac Saint-Pierre. Ce tronçon est marqué par une forte dénivellation entre le lac Ontario et Montréal : 72 m sur une distance de 300 km. Il a été grandement modifié par des barrages et par des travaux de dragage visant à maintenir une hauteur d'eau de 10,7 m dans le chenal de navigation (Groupe d'initiatives et de recherches appliquées au milieu, 1989). Ce tronçon est caractérisé par un écoulement lent et des élargissements naturels formant des lacs dont la profondeur dépasse rarement 6 m, ce qui favorise la sédimentation des particules qui y sont charriées (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*b*).

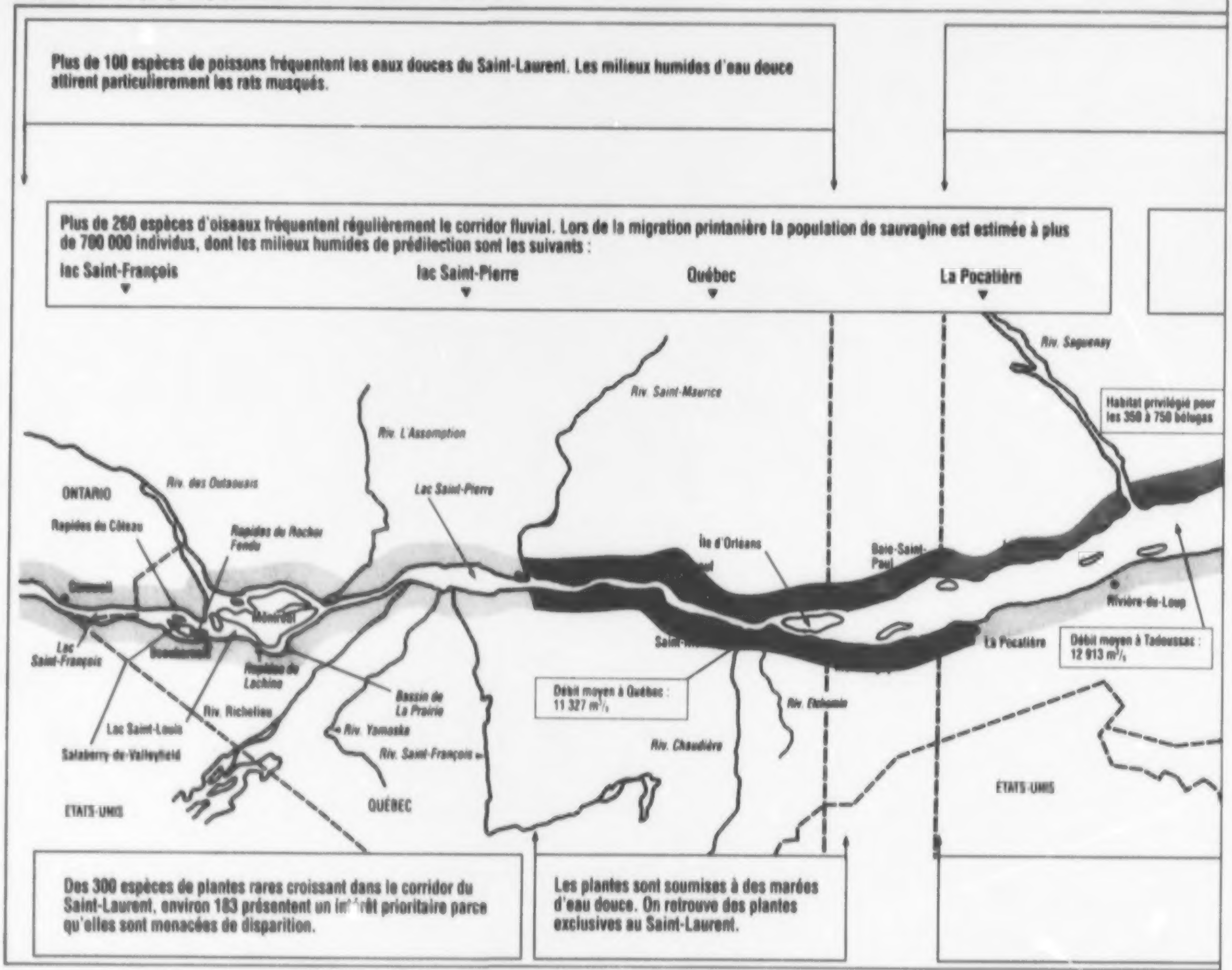
Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les eaux du tronçon fluvial ne sont pas homogènes. Elles sont constituées de masses d'eau contiguës, les principales étant les « eaux vertes » en provenance des Grands Lacs et les « eaux brunes » de la rivière des Outaouais et des affluents de la rive nord (Verrette, 1990). Les eaux vertes sont caractérisées par une faible turbidité, une forte minéralisation et une faible teneur en substances nutritives.

Les eaux brunes proviennent des affluents qui coulent sur les roches du Bouclier canadien; elles présentent une turbidité élevée et sont peu minéralisées (Désilets et Langlois, 1989). En raison des caractéristiques hydrodynamiques du fleuve, ces masses d'eau coulent parallèlement le long de leur rive d'origine pour ne se mélanger complètement que dans la région de Portneuf, en amont de Québec.

L'estuaire se divise en trois sections : l'estuaire fluvial, le moyen estuaire et l'estuaire maritime. L'estuaire fluvial se distingue du tronçon fluvial par l'influence de la marée. À partir de Batiscan, le courant s'inverse avec la marée montante, ce qui a une incidence sur la qualité de l'eau, surtout en zone urbaine. Les caractéristiques bathy-

FIGURE 19.2

Aspects biophysiques du fleuve Saint-Laurent



métriques de l'estuaire fluvial sont semblables à celles du tronçon fluvial, sauf pour une fosse près de Beaupré, en aval de Québec, qui atteint 40 m de profondeur (Roche Ltée, 1983). Le courant se concentre dans le chenal profond au centre du cours d'eau, si bien que le débit est faible près des rives, ce qui diminue la capacité de dilution des eaux usées (Houde et Dumas-Rousseau, 1977). De Cornwall à Québec, le débit moyen passe de 7 362 à 11 327 m^3/s (Germain et Langlois, 1989).

Dans le moyen estuaire et l'estuaire maritime, la profondeur varie d'environ 100 m en aval de l'île d'Orléans (où débute le moyen estuaire) à plus de 300 m à l'embouchure du Saguenay (LAPEL Inc., 1989). L'eau du moyen estuaire est saumâtre jusqu'à la hauteur de Baie-Saint-Paul; l'eau salée prédomine par la suite (figure 19.2). Dans l'estuaire maritime, qui débute aux environs de Cacouna, on dénote une stratification verticale de l'eau : selon la saison, on compte deux ou trois couches superposées possédant chacune des conditions thermiques et salines distinctes. L'eau salée provenant de l'océan est plus froide et plus lourde que l'eau douce du fleuve. Elle reste donc au fond, d'où la plus forte salinité de la couche profonde.

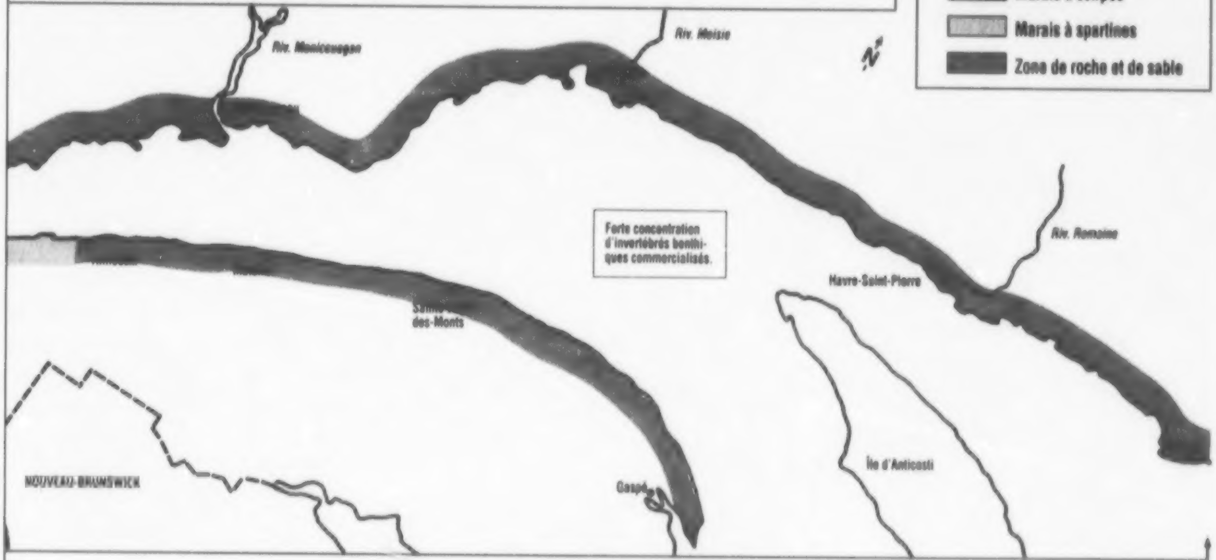
Dans le golfe, la hauteur d'eau peut atteindre 400 m et, comme dans l'estuaire, les eaux sont stratifiées en trois couches, celle du fond prenant de l'ampleur à mesure que l'on s'approche de l'océan. Le Saint-Laurent atteint une largeur de 90 km à la hauteur de Sept-Îles et continue de s'élargir par la suite. Le détroit de Belle-Isle à l'est et le détroit de Cabot au sud délimitent le golfe de l'océan Atlantique.

FIGURE 19.2 (SUITE)

Environ une centaine d'espèces de poissons dans les eaux salées de l'estuaire et du golfe. Les mammifères marins sont concentrés dans cette zone. L'estuaire et le golfe sont les habitats privilégiés des invertébrés benthiques commercialisés.

Plus de 100 000 oiseaux de rivage s'arrêtent dans l'estuaire et aux îles de la Madelaine en automne, et plus de 750 000 oiseaux de mer vivent en colonie dans l'estuaire et le golfe, sans compter les centaines de milliers de goélands et de mouettes.

LÉGENDE
- Herbiers
- Marais à scirpes
- Marais à spartines
- Zone de roche et de sable



Quinze pour-cent des espèces de plantes vasculaires rares du corridor du Saint-Laurent sont exclusives à l'estuaire ou au golfe.

Principales sources : Gratton et Dubreuil, 1990; ministère de l'Environnement du Québec, 1988a.

Une ressource fragile

Le Saint-Laurent est l'exutoire des Grands Lacs. De nombreux cours d'eau du Québec se jettent également dans le fleuve après avoir traversé des régions densément peuplées, à vocation agricole ou industrielle. Le Saint-Laurent est donc soumis à des pressions de sa source jusqu'à son embouchure.

Historiquement, le fleuve et ses affluents ont aussi fait office de dépotoirs naturels. Leur pouvoir autoépurateur a suffi tant que la population est restée relativement peu nombreuse, mais avec l'industrialisation rapide, une population croissante s'est établie dans les villes aménagées le long du Saint-Laurent, augmentant ainsi les quantités de déchets rejetés dans le fleuve. Les municipalités et les industries ont continué à en tirer leur eau tout en y retournant allègrement leurs déchets.

En fait, il a fallu bien des années avant que nous nous rendions compte que nos réserves d'eau étaient menacées. Même si les premiers procédés de traitement de l'eau potable ont été mis au point vers 1850, la première loi reconnaissant le droit de tout citoyen du Québec à un environnement de qualité n'a été adoptée qu'en 1972 (*Loi sur la qualité de l'environnement du Québec*). En 1978, le gouvernement québécois a franchi une étape décisive en lançant un gigantesque Programme d'assainissement des eaux qui représente un investissement de 6 milliards de dollars. Les premiers résultats de ce programme sont évidents. Ainsi, depuis la mise en service du collecteur d'égouts de la

Communauté urbaine de Montréal, on constate une amélioration de la qualité de l'eau dans la partie nord du lac Saint-Louis (Communauté urbaine de Montréal, 1989).

Cette amélioration progressive de la qualité de l'eau, du moins dans certains secteurs du fleuve, n'est sans doute pas étrangère au regain de popularité des sports nautiques. De nouvelles marinas ont été aménagées, d'autres ont été agrandies et un nombre croissant de véliplanchistes promènent leur voile colorée sur les eaux du fleuve. Cela démontre que le Saint-Laurent, même pollué, demeure un cours d'eau fort apprécié des riverains et des touristes.

UN MILIEU VULNÉRABLE

Les richesses naturelles du fleuve

Les écosystèmes

Les écosystèmes du Saint-Laurent sont particulièrement riches et diversifiés. Ceux qui sont associés aux lacs, aux rapides et aux milieux humides sont les plus connus.

Les zones lacustres se trouvent dans la portion des eaux douces du fleuve. Ce sont les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre et le bassin de LaPrairie (figure 19.2). Ces plans d'eau sont des milieux particulièrement propices à la croissance des plantes aquatiques. Ils renferment des habitats de choix pour les poissons et les oiseaux; la profondeur, le courant et la turbidité y sont faibles, et les eaux sont oxygénées et riches en substances nutritives. Ainsi, le lac Saint-Louis, avec ses 77 espèces de poissons et ses 540 espèces de plantes aquatiques, est en fait l'un des milieux naturels les plus riches du Québec (Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 1978).

Les zones lacustres du fleuve constituent des sites de dépôt plus ou moins permanents de substances toxiques inorganiques (métaux lourds) ou organiques (BPC, hydrocarbures, pesticides, etc.). L'apport massif de matières organiques et de substances fertilisantes comme l'azote et le phosphore contenus dans les eaux usées municipales, agricoles et industrielles peut entraîner la prolifération excessive d'herbiers. Il en résulte des modifications des communautés floristiques et fauniques, qui se traduisent par la présence d'un grand nombre d'individus de quelques espèces données au détriment de la diversité.

Les rapides se trouvent aussi dans le tronçon fluvial du Saint-Laurent. Au Québec, ils sont concentrés dans la région de Montréal. Les principaux rapides sont ceux de Lachine, du Rocher Fendu (Beauharnois) et du Côteau (Valleyfield). Les milieux d'eaux vives sont des éléments essentiels à la vitalité d'un cours d'eau. La turbulence des rapides favorise l'oxygénation de l'eau, une condition essentielle à toute vie aquatique. Habitat favorable à la reproduction du doré, de la truite et de beaucoup d'autres espèces de poissons, les rapides sont les milieux les plus résistants au gel. En aval, on trouve les rares étendues d'eau libre servant d'aires d'hivernage aux canards et aux goélands.

Les milieux humides sont des zones de contact entre la terre et l'eau. Leur végétation est riche et diversifiée et ils renferment des habitats essentiels à la faune. De nombreux insectes, mollusques, poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères y trouvent nourriture et abri. Les milieux humides freinent l'érosion des rives et contribuent à l'épuration naturelle de l'eau en filtrant la matière organique et les sédiments auxquels se lient, de préférence, les polluants.

Il existe de nombreux types de milieux humides dans le corridor du Saint-Laurent, les trois principaux étant les herbiers aquatiques, les marais à scirpes et les marais à spartines (figure 19.2). Les herbiers aquatiques sont dominés par des espèces submergées ou flottantes tandis que les marais à scirpes et à spartines sont constitués de groupements homogènes de plantes émergentes à marée basse.

La nature des milieux humides varie en fonction des conditions que l'on trouve dans les divers tronçons du fleuve. Ainsi, la zone d'eau douce sans marée abrite surtout des herbiers aquatiques. Ceux-ci occupent des superficies importantes dans les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre. Dans les zones d'eau douce soumises aux marées et dans les zones d'eau saumâtre, les marais à scirpes prédominent (figure 19.2). En eau salée, les rivages rocheux et sablonneux sont moins propices à la formation de marais. On remarque cependant des marais à spartines sur la rive sud du fleuve, entre La Pocatière et Rimouski. Par ailleurs, aux endroits propices, les prairies salées prédominent.

La superficie estimative totale des milieux humides est de 79 700 ha, dont 63 000 ha (79 %) se trouvent dans le tronçon fluvial et 16 700 ha (21 %), dans l'estuaire et le golfe; près de la moitié des milieux humides du tronçon fluvial sont des herbiers aquatiques (Gratton et Dubreuil, 1990).

La flore

La diversité de la flore du Saint-Laurent est influencée par les nombreuses unités physiographiques, hydrographiques et géologiques que traverse le fleuve. Une étude récente découpe celui-ci en huit régions biogéographiques définies par leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (Ghanimé et collab., 1990). Sur le littoral du Saint-Laurent, on distingue dix zones de végétation réparties dans la portion des eaux douces, dans la zone de transition saline et dans la portion maritime. Les limites des zones de végétation se fondent sur des facteurs comme le climat, la vitesse des courants, la salinité de l'eau et la présence et l'amplitude des marées.

Environ 1 300 espèces de plantes vasculaires, soit la moitié de la flore vasculaire du Québec, serait représentée dans le corridor du Saint-Laurent (1 km de large de part et d'autre) (Gratton et Dubreuil, 1990). D'après le plus récent inventaire (Bouchard et collab., 1983), le Québec compterait

450 espèces de plantes vasculaires rares. Ces espèces présentent un intérêt particulier puisqu'elles sont aussi un indicateur de la rareté de leur habitat. Près de 300 d'entre elles croissent dans le corridor du Saint-Laurent; de ce nombre, environ 183 sont d'intérêt prioritaire, car elles pourraient être menacées de disparition (Gratton et Dubreuil, 1990). Près de 50 % des espèces rares d'intérêt prioritaire sont à la limite nord de leur aire de répartition, tandis que 11 % (20 espèces) ne se trouvent nulle part ailleurs que dans l'estuaire ou dans le golfe du Saint-Laurent (plantes endémiques).

La faune

Le Saint-Laurent est ponctué de frayères et d'aires de reproduction, de repos, d'alimentation et d'hivernage que fréquentent un grand nombre d'espèces de poissons, d'oiseaux, de mammifères et d'invertébrés. Il s'agit d'espèces indigènes pour la plupart, avec quelques espèces exotiques introduites par les humains, notamment la truite arc-en-ciel, la carpe et la truite brune.

La faune invertébrée est constituée d'une multitude d'espèces mais les invertébrés benthiques (organismes vivant sur le fond de l'eau) sont les mieux connus. Leur répartition est fonction de nombreux facteurs abiotiques (comme la texture des sédiments, la profondeur, la vitesse du courant et la qualité de l'eau), de facteurs biotiques (comme la présence de végétation) et des caractéristiques propres aux espèces (l'alimentation, l'habitat, la reproduction, etc.). Les invertébrés d'eau douce sont surtout représentés par des mollusques (gastéropodes, bivalves), des crustacés (gammares, écrevisses) et des larves d'insectes. On les trouve en plus grand nombre dans les zones où les courants sont moins forts, par exemple, dans les lacs. Les invertébrés d'eau salée sont les plus connus : plusieurs sont exploités commercialement (homard, crabe, pétoncle, huître), tandis que d'autres présentent un intérêt spécial pour l'observation (étoile de mer et oursin). Les invertébrés sont à la base de la chaîne alimentaire dont font partie les poissons, les oiseaux, les mammifères marins et les humains.

On trouve au Québec 87 espèces de poissons d'eau douce, 18 espèces diadromes — poissons fréquentant l'eau douce ou l'eau salée, selon le stade de leur vie — et 80 espèces marines (Ouellette, 1990). La presque totalité de ces 185 espèces fréquentent les eaux du Saint-Laurent. La pêche commerciale et la pêche sportive sont d'ailleurs d'une grande importance au Québec et tout le long du Saint-Laurent.

Les effectifs de plusieurs espèces ont diminué par suite de modifications apportées aux habitats et d'une dégradation du milieu naturel résultant notamment de la construction et des travaux d'entretien du chenal de navigation (Robitaille et collab., 1988; Dryade Ltée, 1989). À la fin des années 1960, l'esturgeon noir, le grand corégone et l'éperlan arc-en-ciel ont pratiquement disparu des prises commerciales dans les eaux intérieures soumises aux marées et le bar rayé a complètement disparu du Saint-Laurent (Robitaille et collab., 1988). Le grand corégone semble en voie de rétablissement, mais le stock d'éperlans arc-en-ciel et de poulamons atlantiques continue de diminuer. Malgré la réapparition de l'esturgeon noir dans les captures commerciales de l'estuaire depuis la fin des années 1970, la population de cette espèce est encore en restructuration et connaît une croissance annuelle très variable (Therrien et collab., 1988).

La faune avienne du Saint-Laurent est également diversifiée. Plus de 260 espèces fréquentent le fleuve régulièrement et 115 espèces lui sont étroitement associées (Ghanimé et collab., 1990). Au cours de la migration printanière, on dénombre jusqu'à 700 000 oiseaux de différentes espèces de sauvagine; lors de la migration automnale, au moins 160 000 oiseaux de rivage (bécasseaux, pluviers, chevaliers, barges et courlis) en provenance de l'Arctique s'y arrêtent (Maisonneuve et collab., 1990). On trouve aussi de grandes colonies d'oiseaux de mer dans l'estuaire maritime et le golfe. Lors des derniers inventaires, on a dénombré plus de 115 000 alcidés (godes, marmettes, macareux, guillemots), 635 000 fous de Bassan, 27 000 cormorans et des centaines de milliers de larinés (goélands et mouettes) (P. Brousseau, Environnement Canada, communication personnelle).

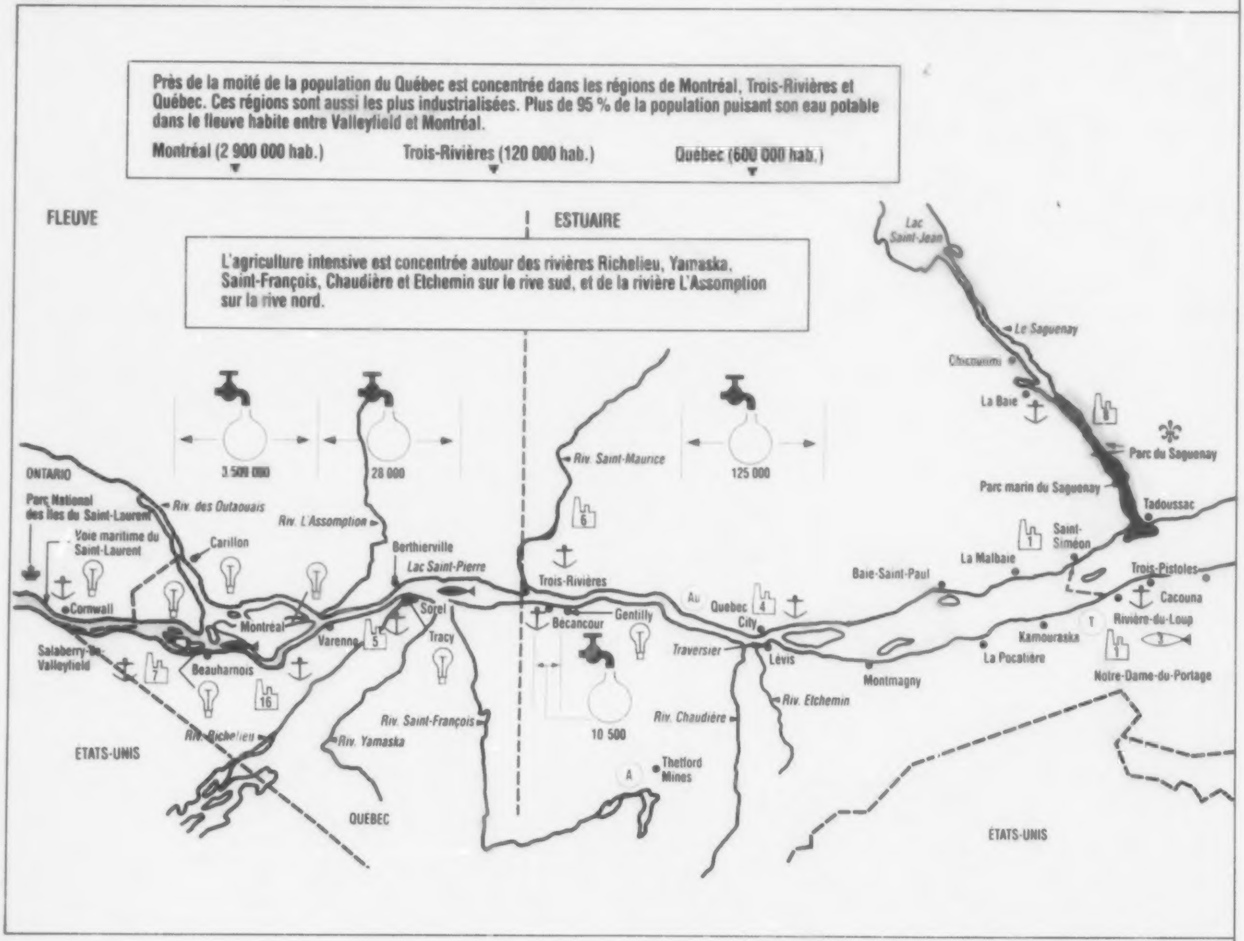
La dynamique des populations d'oiseaux varie selon l'espèce et selon le tronçon du fleuve. La population de cormorans à aigrettes de l'estuaire aurait, par exemple, augmenté de 54 % entre 1963 et 1980 (DesGranges et collab., 1984). Cette tendance serait attribuable, en partie, à la protection accrue des colonies et à des changements d'attitude envers ces oiseaux longtemps considérés comme étant nuisibles par les pêcheurs. L'augmentation des déchets organiques près des agglomérations urbaines, des quais et des ports de pêche a entraîné un accroissement marqué des populations de larinés le long du Saint-Laurent (Chapdelaine et Bourget, 1981).

Malgré l'augmentation des effectifs de certaines espèces d'oiseaux, la survie d'autres espèces fréquentant le fleuve est menacée; c'est le cas du pluvier siffleur et de la sterne caspienne (Robert, 1989).

En raison de sa forte productivité, le Saint-Laurent peut faire vivre de nombreuses espèces de mammifères semi-aquatiques et marins. Le rat musqué est sans aucun doute le plus caractéristique des mammifères semi-aquatiques. Les mammifères marins se partagent en deux grands groupes, soit les pinnipèdes (phoques) et les cétacés (baleines), qui sont concentrés dans les eaux salées de l'estuaire et du golfe. Ces eaux accueillent 5 espèces de phoques et 18 espèces de cétacés, dont le béluga et le rorqual à bosse; les effectifs respectifs de ces deux espèces varient de 350 à 750 et de 2 000 à 4 000 individus (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*b*; Pêches et Océans Canada et Environnement Canada, 1989). La population des bélugas du Saint-Laurent a été pratiquement déci-

FIGURE 19.3

Aspects socio-économiques du fleuve Saint-Laurent



mée par la surexploitation et elle est maintenant menacée, notamment par la pollution (voir l'encadré 19.1).

La présence humaine

La croissance démographique

Environ 5 millions de personnes habitent dans la vallée du Saint-Laurent, dont 4,3 millions au Québec. Cette population est surtout concentrée dans les grands centres urbains (figure 19.3), et près de la moitié de la population du Québec tire son eau potable du fleuve (Scott et collab., 1989).

Voie de communication entre le centre du continent et l'océan, le Saint-Laurent a toujours joué un rôle prépondérant dans la répartition géographique de la population. Le fleuve était un cours d'eau sacré pour les collectivités autochtones établies sur ses rives. Avant l'arrivée des Européens, Hochelaga (Montréal) et Stadaconé (Québec) comptaient environ 10 000 habitants qui s'approvisionnaient à même les ressources du fleuve. L'urbanisation et l'agriculture ont fait refluer la majorité des collectivités autochtones vers l'intérieur des terres, mais on en dénombre encore 13 qui regroupent 40 000 personnes et occupent une superficie de 60 700 ha en bordure du fleuve (Scott et collab., 1989).

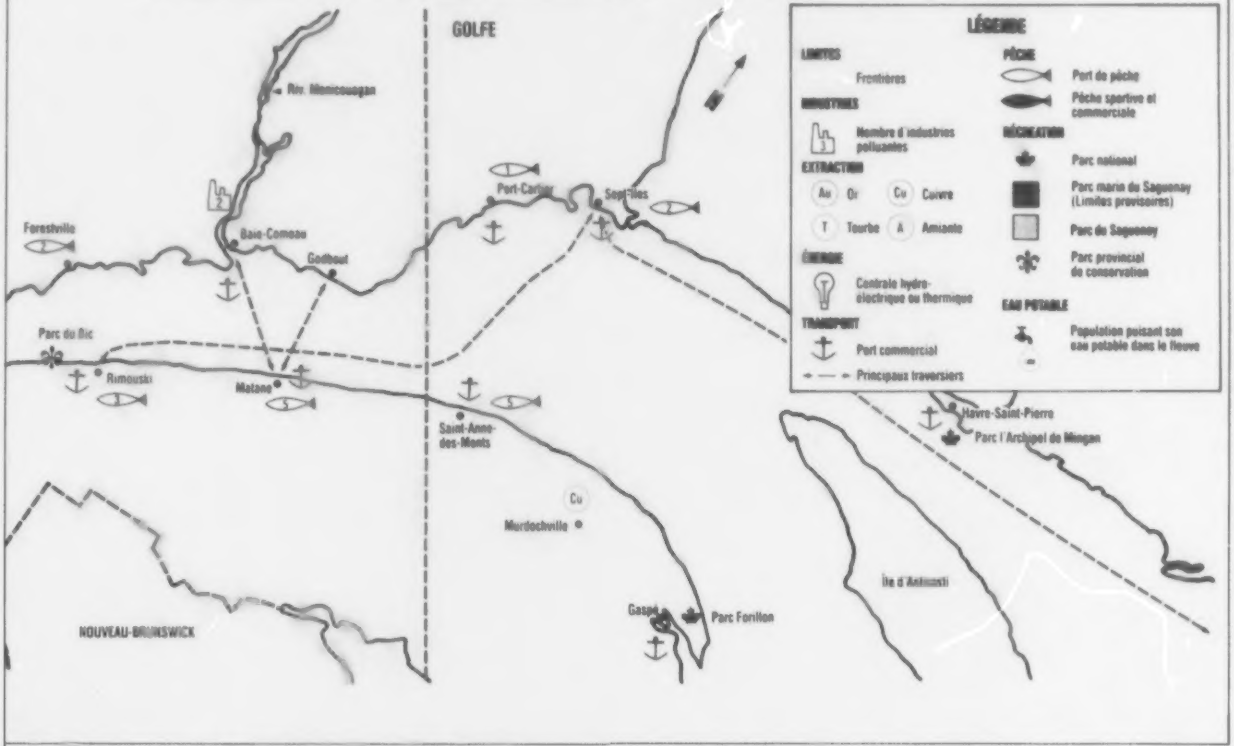
Les activités industrielles

Le Saint-Laurent a été et demeure un facteur important du développement industriel. Son corridor traverse quelques-unes des régions les plus industrialisées du continent, et c'est entre la limite ontarienne et Sorel que se concentrent près des trois quarts des industries du Québec. Leurs activités sont très diversifiées, principalement dans les domaines de la transformation et de la production reliées au secteur secondaire.

La plus importante région industrielle québécoise est celle de Montréal, où dominent les industries textile,

FIGURE 19.3 (SUITE)

Les plus importantes activités de pêche commerciale sont concentrées dans l'estuaire et le golfe. Les prises de poissons représentent un chiffre d'affaires qui dépasse les 70 millions de dollars annuellement. La morue, le sébaste, le hareng, la crevette et le crabe des neiges sont parmi les espèces les plus exploitées.



Principales sources : Centre d'études en enseignement du Canada, 1986; ministère de l'Environnement du Québec,1988a; Pêches et Océans Canada,1991.

métallurgique, chimique et pétrolière. La région de Québec vient au deuxième rang (industries alimentaire et manufacturière, pâtes et papiers et équipement de transport), suivie de la région de Trois-Rivières (pâtes et papiers, vêtement et industrie métallurgique secondaire). Les environs de Valleyfield, Beauharnois, Candiac, Berthierville, Sorel et Bécancour sont les principales autres zones industrielles. Certains affluents comme le Saguenay et les rivières Yamaska, Saint-Maurice et des Outaouais drainent d'autres régions très industrialisées.

Les industries prennent leur eau dans le fleuve ou ses affluents (voir l'encadré 19.2). Comme, d'une part, le rendement de certains procédés industriels dépend de la qualité de l'eau utilisée et que, d'autre part, les rejets industriels menacent sérieusement la qualité de cette eau, les industries subissent les contrecoups de leur propre pollution.

La pêche commerciale

La pêche commerciale dans le Saint-Laurent représente à peine 0,1 % de la production intérieure brute du Québec (Pêches et Océans Canada, 1985). Elle constitue cependant le pivot économique de nombreuses collectivités de l'est de la province. En 1988, près de 12 500 personnes travaillaient dans l'industrie de la pêche au Québec. En 1990, les prises représentaient 72 millions de dollars et la valeur des produits transformés dans les 125 usines québécoises totalisait 196 millions de dollars (Pêches et Océans Canada, 1991).

La pêche commerciale dans le tronçon fluvial a été l'une des pierres d'assise du développement de l'est du Canada. Cette activité a grandement diminué au cours du XX[e] siècle. En dehors du lac Saint-Pierre, où l'on pêche encore la perchaude, la barbotte, l'esturgeon

jaune et l'anguille d'Amérique, les prises abondantes ne sont plus qu'un souvenir (Robitaille et collab., 1988). Les 2,3 millions de dollars de débarquements de poissons tirés du tronçon fluvial ne représentaient en 1988 que 2 % des revenus de la pêche du Québec (Pêches et Océans Canada, 1989). Un total de 92 % des captures commerciales du tronçon fluvial sont pêchées en Mauricie (Mailhot, 1990).

Les plus importantes activités de pêche commerciale sont concentrées dans le golfe et l'estuaire : la province en tire la quasi-totalité de ses revenus de la pêche. De 1984 à 1988, les débarquements de poissons au Québec ont varié entre 80 000 et 100 000 t (environ 7 % des prises commerciales de l'est du Canada). Une certaine stabilité de la récolte totale risque toutefois de masquer les diminutions importantes, au cours des dernières décennies, de certains stocks qui se reconstituent difficilement. La survie de l'industrie de la pêche est intimement liée à une exploitation rationnelle et réglementée des ressources halieutiques (voir l'encadré 19.3).

Les activités touristiques et récréatives

Au Québec, les activités touristiques ont des retombées économiques de l'ordre de 3 milliards de dollars par année (Scott et collab., 1989). Le fleuve joue un rôle non négligeable à cet égard. En effet, la majorité des infrastructures d'accueil, des sites historiques et des activités offertes sont concentrés dans sa vallée (voir l'encadré 19.4).

Une étude a démontré qu'entre 25 et 30 % des touristes canadiens et américains étaient attirés par les activités de plein air (Morissette et collab., 1985). Les parcs, les réserves fauniques et les refuges d'oiseaux migrateurs sont de bons moyens de promouvoir le tourisme en plus de protéger le patrimoine naturel des régions. Le long du fleuve, on trouve plusieurs parcs municipaux et provinciaux, le parc Marin du Saguenay et trois parcs nationaux de conservation : le parc Forillon en Gaspésie, l'archipel de Mingan sur la côte Nord et les Îles-du-Saint-Laurent dans la partie ontarienne du fleuve. Dans la zone d'eau douce, 212 000 pêcheurs sportifs consacrent annuellement 2,4 millions de jours à la pêche; leurs prises annuelles se situent autour de 3 200 t, ce qui représente 70 % de l'ensemble des prises sportives et commerciales. La majorité

Une diversité menacée

Tout le long du Saint-Laurent, le développement agricole, industriel et urbain a réduit ou détruit de nombreux habitats fauniques et floristiques. Les récentes transformations de certains milieux humides aux caractéristiques écologiques exceptionnelles ont aussi contribué pour une bonne part à rendre précaires les conditions de survie de nombreuses espèces.

Il est difficile de dresser un bilan exact de l'état des espèces menacées au Québec en raison de la connaissance fragmentaire que nous avons des différentes espèces et de leur répartition. Le gouvernement du Québec est à préparer des listes d'espèces vulnérables dans le cadre d'une nouvelle loi sur les espèces menacées. D'après une synthèse récente (Dryade, 1989), les espèces suivantes pourraient être menacées ou vulnérables à l'intérieur d'un corridor d'un kilomètre de large de part et d'autre du fleuve :

- environ 300 espèces de plantes vasculaires, dont le noisetier d'Amérique, le chêne bicolore, le saule soyeux, l'iris versicolore, le ginseng à cinq folioles et l'ail des bois. Il n'y a pas de liste des mousses, lichens et autres plantes non vasculaires rares ou en péril au Québec;
- 11 espèces d'insectes, soit 9 lépidoptères et 2 odonates (selon des données très partielles);
- 13 espèces de poissons dont les scientifiques craignent la disparition, notamment le suceur cuivré, le suceur ballot et le brochet vermiculé. Le bar rayé a déjà disparu du fleuve;
- 19 espèces de reptiles et d'amphibiens;
- 26 espèces de mammifères (excluant les mammifères marins qui ne visitent que rarement les eaux québécoises). Parmi les cas préoccupants, on compte le béluga du Saint-Laurent, la baleine noire, la baleine boréale et le couguar de l'Est, tous considérés en danger de disparition.

Un bilan initial préparé dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent fait état de quinze espèces d'oiseaux vulnérables, menacées ou en danger de disparition dans le corridor du Saint-Laurent. Trois espèces entrent dans cette dernière catégorie : le faucon pèlerin, le pluvier siffleur et la pie-grièche migratrice (Robert, 1989). On estime à une trentaine, le nombre d'espèces fauniques menacées, le long du Saint-Laurent (Groupe de travail sur les espèces prioritaires pour le PASL, 1990).

Le béluga du Saint-Laurent fait l'objet d'une attention particulière depuis quelques années. On dénombrait 5 000 de ces petites baleines blanches au début du siècle, mais il n'en reste que 350 à 750 (les difficultés d'inventaire expliquent l'écart) (Pêches et Océans Canada et Environnement Canada, 1989). Au départ, la chasse a été l'une des principales causes de cette diminution. La population actuelle subit maintenant les pressions exercées par la modification de son habitat et la pollution industrielle, de même que les perturbations occasionnées par les bateaux (Pêches et Océans Canada, 1987). Depuis 1986, les bateliers sont tenus d'exclure les bélugas des espèces activement recherchées pour l'observation; des directives visent à protéger également les autres espèces de baleines d'un stress inutile (petit rorqual, rorqual commun, rorqual à bosse, rorqual bleu, etc.).

des captures sportives du couloir fluvial (80 %) sont réalisées dans la région de Montréal (Mailhot, 1990).

Le Saint-Laurent pourrait être une aire récréative privilégiée pour la population riveraine. Dans les années 1970, on dénombrait 65 plages, 95 terrains de camping et une centaine de ports de plaisance sur ses berges (Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 1978). À cause de la piètre qualité de l'eau près des villes, rares sont les endroits pouvant être exploités à des fins récréatives. Pourtant, de tels aménagements devraient exister dans le voisinage immédiat des centres urbains pour mieux desservir la population locale. Sur le territoire de la Communauté urbaine de Québec, aucune plage n'a pu être ouverte en 1990, faute de satisfaire aux critères du ministère de l'Environnement du Québec (R. Bertrand, ministère de l'Environnement du Québec, communication personnelle). Néanmoins, de nombreux estivants font fi des risques de contamination et se baignent parfois à proximité d'émissaires industriels et municipaux, ce qui démontre le besoin réel de sites récréatifs en bordure du fleuve.

Dans certains secteurs, la qualité de l'eau s'est améliorée récemment. Par suite de la mise en service du collecteur d'égouts de la Communauté urbaine de Montréal en 1984, la plage de Cap Saint-Jacques, en amont de la rivière des Prairies, a été rouverte aux baigneurs (B. Séguin, Communauté urbaine de Montréal, communication personnelle). Une plage-parc a pu être ouverte en 1990 à l'île Notre-Dame, près de Montréal, grâce à l'aménagement d'un système d'épuration naturelle des eaux du fleuve. La région de Montréal a déjà compté treize plages dans les années 1950 et certaines devraient être rouvertes dans les années à venir (R. Gaudreault, Communauté urbaine de Montréal, communication personnelle).

UN FLEUVE MENACÉ

Le Saint-Laurent est menacé. Non seulement les activités humaines contribuent-elles activement à le polluer et à le modifier, mais elles influent sur les facteurs naturels ayant des impacts sur le fleuve (voir l'encadré 19.5).

La pollution de l'eau

Le tableau 19.1 décrit les cinq principaux types de pollution, leurs sources, leurs répercussions sur l'environnement et les endroits les plus touchés. (Les pollutions radioactive, thermique, acide et minérale ne font pas partie de cette liste parce qu'elles sont moins préoccupantes à l'échelle du Saint-Laurent dans son ensemble.)

Les eaux usées et la neige souillée

Les rejets d'eaux usées municipales sont une source importante de pollutions organique et microbienne. Elles peuvent également contenir des substances toxiques. L'épuration des eaux usées avant leur rejet permet toutefois

Les prises d'eau

Au Québec, 45 prises d'eau dans le Saint-Laurent alimentent en eau potable près de trois millions de personnes réparties dans 104 municipalités, soit environ un Québécois sur deux. Bien entendu, cette eau est traitée et désinfectée dans des usines de filtration qui la rendent potable, mais elle contient encore des micro-polluants dont certains peuvent être toxiques ou carcinogènes (ministère de l'Environnement du Québec, 1989). Dans certaines régions très agricoles comme Lanaudière (au nord-est de Montréal), l'eau renferme de l'azote ammoniacal et des matières organiques qui peuvent nuire aux opérations de désinfection en réduisant le pouvoir bactéricide du chlore ou en provoquant la formation de produits malodorants, ce qui oblige parfois les résidants à faire bouillir l'eau avant de la consommer. Des découvertes récentes ont démontré que le chlore utilisé par les usines de filtration réagit avec certains composés organiques (azote ammoniacal, matières organiques) pour former des produits ayant un potentiel toxique (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*a*). Dans le cas de l'eau du fleuve, le problème vient principalement du chlore qui interagit avec la matière organique (A. Riopel, ministère de l'Environnement du Québec, communication personnelle).

La présence de sédiments pollués dans certains secteurs du Saint-Laurent complique l'approvisionnement en eau potable. Ces sédiments sont brassés et remis en suspension par les activités de dragage du chenal de navigation, l'action des vagues et la circulation des navires, ce qui peut entraîner à nouveau la contamination des eaux libres. Il existe donc un risque sérieux de détérioration du milieu aquatique, et des études ont démontré que les teneurs en BPC, en DDT et en plomb des sédiments de fond et des sédiments en suspension dans le fleuve dépassent régulièrement les critères de qualité établis au Québec (Champoux et Sloterdijk, 1988; Germain et Langlois, 1989; Langlois et Sloterdijk, 1989). C'est le cas notamment à la sortie du lac Saint-François, aux îles de la Paix dans le lac Saint-Louis et dans le delta du lac Saint-Pierre.

Les municipalités ne sont pas les seules à prendre leur eau dans le Saint-Laurent. En fait, d'après des données de 1981 pour l'ensemble du Québec, l'industrie manufacturière est la plus grande consommatrice d'eau de la province, avec 55,4 % des prélèvements, comparativement à 32,7 % pour les municipalités (Bernier, 1987).

La qualité de l'eau est d'une grande importance pour le fonctionnement des industries. En effet, une eau polluée par des sels métalliques, par exemple, encrasse les chaudières et les circuits de refroidissement; elle doit donc être traitée au préalable. Beaucoup d'industries utilisent l'eau traitée par les municipalités, mais celle-ci n'a pas toujours la qualité exigée par certaines entreprises du secteur alimentaire, notamment les brasseries.

Un principe s'impose : plus on pollue, plus il faut traiter l'eau et plus cela coûte cher et devient complexe. La solution est certainement la prévention.

ENCADRÉ 19.3

La consommation de poisson

Qu'il s'agisse de mercure, de DDT, de mirex, d'HAP, de chlordane ou de BPC, les polluants déversés dans le Saint-Laurent ou en amont risquent de s'accumuler dans la chair des poissons ou dans les tissus d'autres organismes aquatiques ou semi-aquatiques.

On sait, par exemple, que le méthylmercure se concentre dans les poissons piscivores. Santé et Bien-être social Canada a établi à 0,5 ppm la teneur maximale admissible en mercure de la chair des poissons vendus à des fins de consommation, mais cette teneur est fréquemment dépassée chez les grands prédateurs (Sloterdijk, 1990). Dans la région de Beauharnois, par exemple, des brochets capturés en 1985 présentaient des teneurs en mercure atteignant jusqu'à 2,5 ppm.

Les BPC ont surtout tendance à s'accumuler dans les poissons à chair grasse et ils pourraient entraver le développement ou causer la mort non seulement des œufs mais aussi des alevins se nourrissant à même leur propre réserve de graisses. La teneur admissible en BPC est de 2 ppm mais on observe chez les anguilles d'Amérique et l'esturgeon jaune des teneurs supérieures (Sloterdijk, 1979). Chez des poissons de grande taille pêchés dans la région de Montréal, on a observé des teneurs en BPC dépassant de deux à cinq fois la norme admise (DesGranges et Thompson, 1990).

Selon leur potentiel de bioamplification, certains polluants rejetés dans l'eau et présents dans les sédiments et les plantes peuvent s'accumuler dans les organismes et s'amplifier à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire (invertébrés, poissons ou oiseaux herbivores, poissons et autres animaux piscivores), peut-être même jusqu'aux humains.

Des avis sur la consommation recommandent de ne pas manger plus d'une ou deux fois par mois certaines espèces de poisson pêchées dans le fleuve, et même de s'abstenir de consommer des espèces capturées en des endroits donnés à cause du danger d'intoxication alimentaire. Il est aussi vivement déconseillé aux femmes enceintes ou qui allaitent et aux enfants de consommer les poissons indiqués.

Puisque « mieux vaut prévenir que guérir », les gouvernements se sont attaqués à la source des contaminants et ont appliqué des règlements visant à réduire les rejets de polluants dans le fleuve et, du même coup, la contamination de la communauté biotique. Ainsi, la pêche à l'anguille d'Amérique, une espèce gravement contaminée par le mercure, a été interdite de 1970 à 1973 dans le Saint-Laurent; quinze ans plus tard, les anguilles ne contenaient presque plus de mercure et satisfaisaient aux normes canadiennes, qui sont parmi les plus sévères du monde (Bourget,1984). Par contre, l'espèce présente encore des teneurs élevées en BPC et en mirex (Lévesque et Pomerleau, 1986).

de retirer une partie de ces polluants. En 1984, seulement 7,7 % de la population urbaine du grand bassin versant du Saint-Laurent[1] était desservie par des installations d'épuration des eaux; cette proportion atteignait 32,1 % dans le bassin du littoral du golfe comparativement à 54 % pour l'ensemble du Canada (Statistique Canada, 1986). Depuis 1988, la Communauté urbaine de Montréal exploite une station d'épuration des eaux usées qui répond aux besoins d'environ 1,8 million d'habitants (et des industries dont les rejets équivalent à ceux d'une ville d'un million d'habitants) (Communauté urbaine de Montréal, 1991), ce qui porte à 40 % la population cible desservie par des installations d'épuration des eaux usées en 1991 (ministère de l'Environnement du Québec, 1991). La mise en service du collecteur des eaux usées de la rive sud de Montréal est prévue pour 1994, et les deux stations d'épuration de la Communauté urbaine de Québec seront fonctionnelles en 1992 et desserviront quelque 500 000 personnes. Selon les projections du Programme d'assainissement des eaux du Québec, les eaux usées de plus de 85 % de la population cible du bassin versant du Saint-Laurent seront traitées par une station d'ici 1994 (J. Carpentier, ministère de l'Environnement du Québec, communication personnelle). (Pour en connaître d'avantage sur la gestion des eaux usées au Canada, voir le chapitre 3)

[1] Bassin comprenant le tronçon ontarien du fleuve.

La pollution liée à la neige souillée déversée dans le fleuve par les municipalités riveraines retient l'attention du public depuis le début des années 1980. Le déversement de neige souillée modifie temporairement plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau et des sédiments; à long terme, cela entraîne des changements dans les communautés aquatiques, particulièrement en aval des points de chute (André et Delisle, 1988). Le ministère de l'Environnement du Québec a établi une politique d'élimination de la neige souillée afin de réduire les rejets de polluants qu'elle contient, par exemple, les sels, les abrasifs, les particules de métaux lourds (plomb, fer, zinc), le phosphore et les huiles et graisses. En vertu de cette politique, toutes les municipalités devront trouver d'ici 1996 des solutions de rechange au déversement direct ou indirect de neige souillée dans les cours d'eau.

Les rejets industriels

L'industrie québécoise rejette annuellement 265 000 t de déchets liquides chimiques dangereux dans le fleuve et ses affluents sous forme d'huiles, de graisses, de boues, de solvants, d'acides, de BPC, de cyanures, de métaux, etc. (ministère de l'Environnement du Québec, 1983). Les régions de Montréal et de la Montérégie produisent annuellement environ 190 000 t de déchets dangereux soit plus de 60 % de la production du Québec (Commission d'enquête sur les déchets dangereux, 1990).

Au Québec, quelque 12 000 établissements manufacturiers transforment les matières premières et sont à l'origine de rejets polluants. D'entre eux, 2 300 représentent une menace sérieuse pour la qualité de l'eau, 180 sont la principale source d'émission des gaz nocifs dans l'atmosphère et 3 500 produisent des déchets dangereux (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*a*). La plupart d'entre eux sont établis le long du Saint-Laurent dont 900 sont assujettis à un contrôle réglementaire de leurs rejets par la Communauté urbaine de Montréal. Par contre, un grand nombre d'établissements ne sont pas raccordés à des stations municipales d'épuration et ne traitent pas convenablement les effluents. Il y a donc un conflit important d'usages : on se sert du fleuve pour se débarrasser des rejets industriels mais, en même temps, on y puise l'eau de consommation.

Pour s'attaquer au problème, les gouvernements fédéral et provincial ont entrepris des programmes de dépollution. Dans les années 1970, en vertu de la *Loi sur les pêcheries* (aujourd'hui la *Loi sur les pêches*), le gouvernement fédéral a adopté des règlements sur les effluents de plusieurs secteurs industriels comme les raffineries de pétrole, les usines de pâtes et papiers et les usines de chlore-alcali. Le Programme d'assainissement des eaux du Québec est une initiative provinciale lancée en 1978. Plus récemment, le Programme provincial de réduction des rejets industriels vise les principales sources de pollution industrielle dans l'eau, l'air et le sol. En juin 1988, le gouvernement du Canada lançait le Plan d'action Saint-Laurent (PASL) doté d'un budget de 110 millions de dollars. Le premier objectif du PASL est de réduire de 90 %, d'ici 1993, les rejets liquides toxiques de 50 usines établies le long du fleuve et du Saguenay et susceptibles d'être parmi les plus polluantes. Ces usines appartiennent à cinq grands secteurs industriels : les pâtes et papiers, la métallurgie, la chimie, la pétrochimie et les traitements de surface. Dans le cadre du Plan vert, le gouvernement fédéral annonçait en 1991 un programme de prévention de la pollution dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent, afin de renforcer les efforts d'assainissement et de restauration du milieu.

Des progrès importants ont été enregistrés depuis vingt ans dans le secteur des pâtes et papiers et des raffineries de pétrole. On compte 56 usines de pâtes et papiers au Québec; parmi celles-ci, 15 des usines retenues par le Plan d'action Saint-Laurent (le long du Saint-Laurent et du Saguenay) sont à l'origine de 40 % de toutes les matières en suspension et des matières biodégradables d'origine industrielle que l'on trouve dans le fleuve (Lalonde, Girouard, Letendre et associés Ltée, 1990). Elles sont également des sources importantes de pollution organique et toxique (matières putrescibles, acides gras et chlorophénols). L'application des règlements fédéraux et provinciaux, alliée aux changements dans les procédés de fabrication, a donné lieu à de substantielles réductions de polluants. Entre 1980 et 1989, par exemple, l'industrie québécoise des pâtes et papiers a réduit de 57 % ses rejets de matières en suspension et de 35 % ses rejets de substances biodégradables (A. Grondin, ministère de l'Environnement du Québec, communication personnelle).

La qualité de vie

Qu'il s'agisse d'activités touristiques ou récréatives, la qualité de vie associée au Saint-Laurent est un aspect essentiel du développement économique et social du Québec. En effet, les gens ont de plus en plus besoin de se retrouver dans un environnement sain, à la fois beau, agréable et riche de possibilités récréatives. En ce sens, le fleuve et ses rives constituent un capital que les Québécois, tout comme les visiteurs, sont en train de redécouvrir. En voici des exemples :

- le réaménagement des vieux ports de Québec, de Trois-Rivières et de Montréal, et le développement d'activités récréatives, culturelles et commerciales comme des excursions en bateau et des spectacles variés, des restaurants, boutiques et autres entreprises de services. Résidants et touristes trouvent grand plaisir à fréquenter ces endroits et à profiter d'une vue sur le fleuve tout en prenant une bonne bouffée d'air frais;
- l'organisation de croisières et d'excursions sur le fleuve;
- la mise sur pied d'événements populaires associés au Saint-Laurent et à ses ressources : le Festival de la baleine bleue à Grandes-Bergeronnes, le Festival de la crevette à Matane, le Festival de la gibelotte à Sorel et le Carnaval de Québec, avec sa course en canot sur les glaces;
- l'aménagement de nouvelles marinas, d'aires de pique-nique et de voies d'accès au fleuve, de centres d'interprétation, de sentiers pédestres et de pistes cyclables.

ENCADRÉ 19.5

La pollution, ça ne date pas d'hier!

Dès 1676, un règlement de police de la ville Québec ordonnait à tous les bouchers de « porter à l'instant à la rivière tout le sang et immondices », sous peine d'amende. En 1706 déjà, 23 usines et fabriques (produits alimentaires, brasseries, meuneries, sucreries, distilleries, etc.) rejetaient leurs effluents directement dans le fleuve. En 1827, une loi du Bas-Canada stipulait que les inspecteurs du port de Québec devaient indiquer « une place sur la grève pour déposer les vidanges ». En 1851 et 1856, des lois ont même répandu l'opinion que la prospérité passait par l'utilisation industrielle et l'exploitation des cours d'eau; on a donc établi un lien étroit entre prospérité et pollution (Fleury, 1973).

Principaux types de pollution, sources, répercussions environnementales et endroits les plus touchés

Types de pollution	Sources	Répercussions environnementales	Endroits les plus touchés
Organique	•Rejets de matière organique d'origine humaine, animale et industrielle par les industries de l'agro-alimentaire et des pâtes et papiers et les municipalités	•Diminution de la teneur en oxygène de l'eau entraînant la disparition de certaines espèces de poisson •Odeurs nauséabondes •Enrichissement des eaux en éléments nutritifs occasionnant la prolifération d'algues ou d'herbiers	•Cours d'eau des zones agricoles de la vallée du Saint-Laurent •Baies et lacs recevant des effluents urbains et des rejets industriels
Toxique	•Rejets de substances toxiques organiques (pesticides, dioxines et phénols) par les secteurs agricole et des industries pétrolières et chimiques •Rejets de substances toxiques inorganiques (métaux lourds) par les industries chimique, métallurgique, minière et des traitements de surface	•Effets immédiats ou à long terme sur les organismes •Disparition de certaines espèces animales et végétales •Phénomène de bioamplification pouvant avoir des effets sur les humains	•Régions minières, •Affluents traversant des zones d'agriculture intensive •Sites d'importants rejets industriels •Cours d'eau subissant les effets combinés des rejets industriels et agricoles
Fertilisante	•Rejets domestiques et agricoles renfermant des substances nutritives comme l'azote et le phosphore •Rejets de produits azotés par les fabriques d'explosifs et d'engrais	•Prolifération d'algues et de plantes aquatiques •Décomposition des plantes aquatiques entraînant une diminution de la teneur en oxygène de l'eau et créant un milieu défavorable à certaines espèces aquatiques •Enlaidissement des plans d'eau et des cours d'eau	•Rive sud du Saint-Laurent, notamment à l'embouchure des principaux affluents du fleuve
Microbienne	•Rejets d'origine humaine ou animale entraînant l'apparition d'organismes pathogènes dans l'eau (bactéries et virus)	•Propagation de maladies infectieuses •Entrave à la pratique d'activités récréatives et à la cueillette de mollusques	•Zones de rejet des eaux d'égouts des résidences et des municipalités dans les cours d'eau •Zones d'élevage intensif
Visuelle	•Papetières et industrie du textile •Eaux usées municipales non traitées	•Coloration de l'eau et présence de matières en suspension, de débris flottants, de styromousse, etc. •Entrave à la pratique d'activités récréatives	•Régions urbaines

Source : Diverses publications du ministère de l'Environnement du Québec.

Réglementé à la fin des années 1970, le secteur des raffineries de pétrole a investi plus de 100 millions de dollars dans l'installation de systèmes d'épuration. De 1972 à 1988, les rejets de matières en suspension, d'huiles et graisses et de phénols ont diminué de plus de 80 %, en partie grâce à de nouveaux systèmes d'épuration et à des fermetures de raffineries. Depuis l'instauration du Plan d'action Saint-Laurent, d'autres réductions ont été observées : de 1988 à 1990, les rejets de matières en suspension, de sulfures et de phénols ont diminué de 23, 21 et 19 %, respectivement, malgré une augmentation de 6 % de la production (Fédida et Beaudoin, 1991). Les polluants rejetés dans le fleuve par les raffineries et les usines de pâtes et papiers restent cependant élevés et les règlements en vigueur ne tiennent pas encore compte de plusieurs substances toxiques d'intérêt prioritaire, notamment les substances organiques comme les HAP, les chlorophénols, etc.

Dans d'autres secteurs industriels non réglementés, la situation est tout aussi préoccupante. Certaines usines des secteurs de la métallurgie, des traitements de surface et de la chimie inorganique comptent parmi les plus polluantes. Concentrées essentiellement le long du Saint-Laurent, soit entre Valleyfield et Bécancour, elles rejettent dans le fleuve des quantités importantes de matières en suspension, de métaux lourds et de substances toxiques. Six des sept alumineries canadiennes sont installées au Québec et d'autres vont bientôt s'y implanter. Elles rejettent des fluorures, des particules en suspension, des cyanures, des métaux lourds et, dans certains cas, des HAP.

Le secteur agricole

Les activités agricoles sont particulièrement intensives dans les basses terres du Saint-Laurent, où l'on trouve plus de la moitié (1 240 000 ha) de la superficie des sols à bon potentiel agricole du Québec (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*b*). Entre 1971 et 1986, les superficies consacrées aux grandes cultures ont augmenté de 300 à 1 000 % au détriment des pâturages. Cette augmentation a entraîné une utilisation accrue d'engrais chimiques et de pesticides, de même qu'une érosion et une dégradation des sols (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*c*). L'élevage est concentré autour des rivières Yamaska, Saint-François, Chaudière, Richelieu, L'Assomption et Etchemin.

L'agriculture intensive nuit à la qualité des eaux du fleuve. Les pratiques agricoles actuelles contribuent à l'érosion du sol et au transport d'abondantes quantités de sédiments dans le Saint-

Laurent et ses affluents. L'application d'engrais est souvent responsable d'un apport excessif de substances nutritives dans les cours d'eau, ce qui entraîne un trop grand enrichissement du milieu aquatique et la prolifération de plantes aquatiques. En se décomposant, ces plantes réduisent la teneur en oxygène de l'eau et engendrent des odeurs nauséabondes et une pollution visuelle. Les rejets de déjections animales (fumier, purin et eaux contaminées) sont associés à l'apparition de micro-organismes pathogènes dans l'eau. Les pesticides organochlorés (le DDT, p. ex.) et les herbicides ont aussi des répercussions sur le milieu aquatique, car certains d'entre eux, même à l'état de traces, peuvent entraîner des désordres physiologiques et s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Le faucon pèlerin et le fou de Bassan ont été victimes de ces produits qui causent un amincissement de la coquille des œufs, ce qui entraîne de faibles taux d'éclosion et une diminution des effectifs (DesGranges et Thompson, 1990).

La plupart des sources de pollution agricole sont diffuses. En effet, l'écoulement souterrain et le ruissellement entraînent les polluants jusqu'aux cours d'eau. Ces polluants contiennent de la matière organique, des substances nutritives (azote et phosphore), des métaux lourds à l'état de traces, des pesticides et des micro-organismes, et leur nocivité peut varier selon que l'eau est destinée à la consommation, à la baignade ou à la pêche ou selon qu'elle sert de milieu de vie.

Les déjections animales constituent d'excellents amendements des terres agricoles, à condition qu'elles n'excèdent pas la capacité de rétention du sol. Les excédents ont été évalués à 486 000, 334 000 et 570 000 t de déjections par année pour les bassins des rivières L'Assomption, Yamaska et Chaudière, respectivement. De mauvaises pratiques d'épandage (après la période de croissance des végétaux ou tard en automne) ainsi que l'entreposage inadéquat du fumier peuvent provoquer un enrichissement excessif des cours d'eau et nuire ainsi à la vie aquatique. D'après un inventaire réalisé entre 1982 et 1985 au Québec, seulement 57 % des établissements étaient conformes à la réglementation en vigueur (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*c*). Ce constat a amené le gouvernement du Québec à mettre sur pied un Programme d'amélioration de la gestion des fumiers. La pollution microbienne de l'eau dans les zones rurales, surtout durant les périodes chaudes et sèches de l'été, peut présenter des dangers pour la santé des humains et des animaux qui consomment cette eau ou qui entrent en contact avec elle.

Les eaux usées des laiteries de ferme sont une autre source de pollution agricole. Ces eaux contiennent des résidus du lait, des désinfectants chlorés et des produits de nettoyage à base de polyphosphate. Elles sont généralement déversées sur le sol à proximité de points d'eau, ou même dans des cours d'eau par l'intermédiaire de fossés de ferme.

Le transport maritime et les déversements accidentels

Le Saint-Laurent est une artère naturelle reliant le centre de l'Amérique du Nord et l'Atlantique. Il a servi de voie de pénétration en Nouvelle-France et il a eu une grande influence sur l'évolution des réseaux routier et ferroviaire qui se sont développés le long de ses rives.

Le transport maritime représente 5,6 % du produit intérieur brut du Québec (LAPEL Inc., 1989). La Voie maritime du Saint-Laurent comprend, outre des barrages et des canaux, sept écluses qui permettent aux bateaux de franchir les 72 m de dénivellation du fleuve entre Montréal et le lac Ontario. Depuis son inauguration en 1959, elle a fait du Saint-Laurent un axe vital pour le transport de marchandises (céréales, produits miniers et manufacturiers principalement). La moitié des marchandises sont destinées à l'intérieur du Canada ou en proviennent (Centre d'études en enseignement du Canada, 1986).

L'ouverture sur le continent nord-américain et la proximité relative des ports nord-européens ont favorisé, depuis 1959, le développement portuaire québécois. Six des treize principaux ports du Canada sont dans la portion québécoise du Saint-Laurent. Ce sont, par ordre de tonnage manutentionné, les ports de Port-Cartier, de Montréal, de Sept-Îles, de Québec, de Baie-Comeau et de Sorel. Leur achalandage a quadruplé au cours des trente dernières années (Scott et collab., 1989).

Plus de 14 000 voyages de navires marchands ou citernes ont eu lieu entre Sept-Îles et Cornwall en 1989. Le transport maritime constitue un apport économique précieux pour le Québec, mais représente toutefois une menace pour les écosystèmes aquatiques. Entre 1971 et 1988, on a enregistré 641 déversements de produits pétroliers, dont quatre de gravité moyenne, c'est-à-dire dépassant 1 000 barils (Environnement Canada, 1989). Les plus notoires ont été ceux du *Pointe-Lévis* à Matane en 1985 et du *Czantoria* à Saint-Romuald en 1988 (Groupe d'initiatives et de recherches appliquées au milieu, 1989). En 1990, le *Rio Orinoco* s'échouait près de l'île d'Anticosti, déversant plus de 700 barils d'hydrocarbures qui ont atteint de nombreux habitats riverains.

La navigation est particulièrement difficile en certains endroits du Saint-Laurent en raison de zones de fort courant, des rétrécissements du chenal de navigation et de la faible hauteur d'eau (Environnement Canada, 1989). C'est dans ces secteurs qu'il y a le plus de risques de marées noires ou d'accidents maritimes. En 1988, sur les 111 millions de tonnes de marchandises manutentionnées dans les ports du Saint-Laurent, 21 % étaient des marchandises dangereuses, c'est-à-dire des produits, matières ou organismes pouvant entraîner des dommages pour l'environnement (Environnement Canada, 1990). Par suite des audiences tenues en 1989 sur la sécurité des navires-citernes, on a formulé des recommandations afin de réduire les risques de déversements (coque à

double paroi, amélioration des aides à la navigation, etc.), mais aucune n'a été adoptée ou réglementée jusqu'à maintenant (Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en milieu marin, 1990).

Les superpétroliers comme l'*Exxon Valdez* qui s'est brisé sur les côtes de l'Alaska en 1989 ne peuvent circuler sur le Saint-Laurent. Cependant, un nombre croissant de pétroliers transportent sur le fleuve des cargaisons d'environ un million de barils de pétrole, soit quatre fois le volume déversé dans le détroit du Prince-William par l'*Exxon Valdez*.

Les modifications anthropiques du milieu physique

Voici les principales modifications du milieu physique causées par les activités humaines dans le Saint-Laurent :

- le remblayage : dépôt de matériel dans le fleuve ou sur ses rives (au-dessus du niveau de l'eau) à des fins de construction ou d'aménagement;
- l'assèchement : modification d'habitats riverains visant à empêcher leur immersion ou à raccourcir la période naturelle d'immersion. Le plus souvent, le terrain ainsi récupéré est utilisé pour l'agriculture;
- le dragage : curetage ou nettoyage du fond du fleuve pour l'entretien du chenal de navigation[2], des installations portuaires, des marinas et des glissières de chantiers navals;
- les dépôts de dragage : élimination des matériaux de dragage en eau libre. Ces matériaux peuvent être entraînés de leur point de chute vers l'aval dans des proportions qui dépendent de leur granulométrie et de la force du courant;
- la modification de l'écoulement : toute modification localisée de l'écoulement du fleuve par une structure quelconque (quai, estacade, ligne de transport de l'énergie, marina, etc.) ou un remblai.

Le milieu aquatique a été profondément altéré entre Montréal et Sorel par la pollution, le remblayage des rives et l'assèchement des terres, sans compter la modification de l'écoulement résultant de l'aménagement des îles d'Expo 67 et du pont-tunnel L.-H. Lafontaine dans la région de Montréal, de l'île aux Sternes dans le lac Saint-Pierre, et des quais de Bécancour, de Portneuf et de Gros-Cacouna.

Les travaux reliés au transport maritime, dont l'élargissement du chenal de navigation au milieu des années 1950, ont modifié la configuration du fleuve à maints endroits. Chaque année, on retire quelque 170 000 m^3 de matériaux de dragage lors des travaux d'entretien annuel du chenal. Les canaux, les barrages, les écluses et les effets mécaniques du passage des navires ont aussi modifié la dynamique fluviale. On n'a pas encore évalué les impacts cumulatifs de ces travaux sur l'environnement, mais on en connaît les principales répercussions : modification de l'écoulement altérant le régime des eaux et le bilan thermique de secteurs donnés, perturbation de la migration de certaines espèces de poissons et changement dans la structure des communautés de poissons (Robitaille et collab., 1988).

Il y a peu de grandes centrales énergétiques le long du Saint-Laurent. La centrale thermique de Tracy, près de Sorel, fonctionne au mazout et celle de Gentilly II, en face de Trois-Rivières, est une centrale nucléaire; leur importance dans le réseau électrique du Québec est secondaire. On trouve quatre centrales hydroélectriques du côté québécois, celles de Beauharnois, des Cèdres, de Rivière-des-Prairies et de Carillon, et une du côté ontarien, la Moses-Saunders, qui fournit de l'électricité à la région de Cornwall. La capacité de ces centrales oscille autour de 3 480 mégawatts (Scott et collab., 1989). Le débit du fleuve est régularisé par la Moses-Saunders principalement et cet ouvrage a certains effets sur la sédimentation, la faune et la flore. La régularisation des crues printanières modifie, par exemple, la nature des marais et des marécages et touche des habitats propices à l'alimentation et à la reproduction de nombreuses espèces fauniques.

Les pertes de milieux humides peuvent être attribuables en partie aux modifications anthropiques du milieu. Environnement Canada (1985) a effectué une synthèse des données existantes sur les pertes et les gains de milieux humides le long du Saint-Laurent et des rivières des Outaouais et Richelieu. Les pertes nettes de 3 643 ha observées entre 1950 et 1978 représentent 6,2 % de la superficie totale des milieux humides répertoriés en 1950, et correspondent à 360 km de rive sur une largeur de 100 m. Les pertes ont diminué depuis 1965 mais elles ne s'en poursuivent pas moins, et certaines régions sont plus touchées que d'autres : entre 1966 et 1981, la perte nette de milieux humides dans la région de Montréal s'élève à 392 ha, soit 6,7 % de la superficie totale relevée en 1966 (Champagne et Melançon, 1985), comparativement à une perte de seulement 1,6 % à la grandeur du Saint-Laurent de 1965 à 1978 (Environnement Canada, 1985).

Les facteurs naturels influencés par les activités humaines

L'érosion

L'érosion des rives du fleuve résulte de la destruction des agrégats du sol sous l'action des précipitations, des vagues, du vent, des glaces et des crues auxquels s'ajoutent les activités humaines (artificialisation des rives, remblayage, etc.). Les principaux facteurs qui déterminent l'ampleur de l'érosion hydrique sont l'intensité des pluies, la pente du terrain, le type de couvert végétal, la nature et l'état physique du sol.

Des études récentes démontrent que les marais intertidaux du Saint-Laurent sont tous plus ou moins touchés par

[2] Le chenal de navigation doit être dragué régulièrement sur 200 km, soit 170 km entre Montréal et Québec et 30 km en aval de Québec.

l'érosion (Lauzon, 1989). Ils comptent pourtant parmi les milieux naturels les plus productifs du globe en favorisant le développement d'une faune et d'une flore très variées. Leur érosion risque donc d'avoir des répercussions écologiques.

Dans la région de l'estuaire et du golfe, la cause directe de l'érosion est essentiellement de nature hydrique (vagues et glaces), mais certains facteurs biologiques (les oiseaux qui fouillent le sol à la recherche de tubercules, par exemple) et anthropiques (les navires et leurs vagues, les véhicules tout terrain, le drainage des terres agricoles, etc.) jouent aussi un rôle non négligeable (Dubreuil, 1989).

Dans le bassin fluvial, la disparition du couvert végétal constitue le principal facteur d'érosion des sols en milieu agricole. Les matières en suspension entraînées avec le sol érodé peuvent modifier la nature et la texture du fond des cours d'eau, colmater des aires de frai, réduire la diversité et la productivité des espèces benthiques, entraver l'écoulement et, en dernier ressort, occasionner des travaux de dragage. De plus, l'érosion et le lessivage des terres traitées à l'aide d'engrais ou de pesticides entraînent un enrichissement excessif de l'eau et une pollution par les substances toxiques. On estime que, dans le bassin versant de la Yamaska — un affluent du Saint-Laurent traversant une région d'agriculture intensive —, 60 % de la charge annuelle de phosphore provient des terres cultivées, qui n'occupent pourtant que 36 % de la superficie totale du bassin; à elle seule, l'érosion hydrique (précipitations, ruissellement) est à l'origine de 85 % de cette charge (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*b*).

Le changement climatique

Une étude récente (LAPEL Inc., 1989) a permis d'analyser les répercussions de l'effet de serre sur le Saint-Laurent. Le principal impact de l'effet de serre — c'est-à-dire la hausse de température associée à l'augmentation prévue de la teneur en dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère d'ici cinquante ans — serait une baisse du niveau de l'eau dans le tronçon et l'estuaire fluviaux, et une augmentation du niveau de l'eau depuis le moyen estuaire jusqu'au golfe. Ce phénomène s'expliquerait notamment par la réduction du débit sortant des Grands Lacs et par l'augmentation de l'évaporation de l'eau dans le tronçon et l'estuaire fluviaux, tandis que la hausse du niveau dans la partie aval résulterait de la fonte des glaciers et de la calotte glaciaire, et de l'expansion des océans.

L'effet de serre pourrait également entraîner l'acidification des eaux de surface, étant donné que l'équilibre chimique du milieu aquatique est étroitement lié aux concentrations de CO_2 atmosphérique, lequel réagit avec l'eau pour se transformer en un acide faible à l'interface air–eau. L'augmentation du CO_2 atmosphérique entraînerait donc une légère baisse du pH de l'eau. Cette acidification du milieu aquatique, alliée aux précipitations acides, pourrait entraîner une contamination accrue des organismes aquatiques en raison de la plus grande solubilité des métaux en milieu acide. En amont de Québec, il faudra aussi s'attendre que la réduction du débit altère la qualité de l'eau à cause d'une moins grande dilution des polluants.

L'ÉTAT DU FLEUVE

Un diagnostic complexe

En raison des dimensions du Saint-Laurent et des différentes menaces à sa qualité, il n'est pas facile d'évaluer l'état du fleuve. De plus, la notion de « fleuve en santé » peut varier selon qu'on évalue la qualité du milieu pour un baigneur, un citadin qui vit en bordure de ses rives ou un esturgeon. Par exemple, dans un secteur donné, la qualité de l'eau peut s'améliorer en fonction de certains critères ou usages (prise d'eau industrielle) mais se dégrader par rapport à d'autres (baignade, pêche). Finalement, tout effort pour évaluer l'état du Saint-Laurent se heurte à des difficultés dans l'interprétation des données, surtout pour les tendances dans le temps (saisonnières, annuelles) et l'espace.

Un bilan provisoire préoccupant

Il a été question plus haut des principaux éléments qui reflètent l'état du fleuve : perte de milieux humides, contamination des sédiments, menace à la diversité floristique et faunique, modification dans les prises commerciales de poissons, fermeture temporaire ou définitive de plages, etc. Chacun de ces éléments donne un aperçu de l'état du fleuve, mais aucun n'est complet en soi. C'est pourquoi le Centre Saint-Laurent est en train d'élaborer un programme d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes du fleuve, fondé sur des indices d'intégrité biotique. Il procède également à la réalisation d'un bilan des apports de substances toxiques dans le Saint-Laurent.

Voici un bilan sommaire de la situation actuelle et des tendances dans le temps pour chaque type de pollution mentionné au tableau 19.1.

Règle générale, la pollution organique touche des zones plus ou moins restreintes, par exemple, en aval de l'émissaire d'une usine de pâtes et papiers. Actuellement, les eaux du fleuve sont dégradées localement, ce qui peut nuire à la survie de certains organismes. À plus ou moins long terme, on assistera à des améliorations locales avec l'instauration de nouveaux programmes de lutte contre la pollution. Cependant, un secteur industriel comme celui des pâtes et papiers demeure critique puisqu'il rejette dans le fleuve environ trois fois plus de matières organiques biodégradables que l'ensemble de la population du Québec (Bolduc et collab., 1986).

La pollution toxique s'avère la plus complexe des différentes formes de pollution en raison surtout de la grande variété des substances en cause. Les

concentrations actuelles et les répercussions écologiques de la plupart de ces substances sont peu connues. Ceci est particulièrement vrai pour une vaste gamme de produits organiques comme les HAP, les dioxines et les chlorobenzènes. Des substances toxiques rémanentes continuent de s'accumuler dans l'environnement sans que l'on connaisse véritablement les répercussions d'un tel phénomène, et les prévisions ne sont guère encourageantes à cause de la toxicité aiguë de certaines substances même à de très faibles concentrations. Le Plan d'action Saint-Laurent, qui vise la réduction des substances toxiques des rejets industriels liquides, s'attaque à ces polluants et contribue à une meilleure compréhension des phénomènes en cause.

L'azote et le phosphore sont les principales causes de la pollution fertilisante. On assiste à une baisse générale des concentrations de phosphore dans l'environnement, en raison surtout du règlement sur les teneurs en phosphore des détergents et d'une réduction des apports provenant des Grands Lacs, mais les concentrations d'azote augmentent dans certaines régions agricoles (Désilets et collab., 1988). L'assainissement des eaux usées municipales entraînera une certaine amélioration de la situation, mais la réduction de la pollution fertilisante dépendra également de l'implantation de pratiques culturales convenables et de systèmes adéquats d'entreposage du fumier (ministère de l'Environnement du Québec, 1988*c*).

La pollution microbienne est surtout associée aux rejets d'eaux usées par les municipalités, mais les zones d'élevage sont également en cause. De Cornwall (Ontario) à Québec, la qualité bactériologique de l'eau du fleuve, traditionnellement mesurée d'après les concentrations de coliformes fécaux, laisse encore à désirer. En région éloignée, par exemple, en Gaspésie et sur la côte Nord, la pollution microbienne peut occasionner la fermeture de zones coquillières; en d'autres endroits, elle est à l'origine de la fermeture des plages. On peut toutefois constater les effets bénéfiques du Programme d'assainissement des eaux du Québec. Ainsi, grâce à l'interception des eaux usées du versant sud-ouest de l'île de Montréal, la qualité de l'eau de la partie nord du lac Saint-Louis s'est considérablement améliorée (Communauté urbaine de Montréal, 1989). Avec la mise en service d'autres stations de traitement, la situation devrait s'améliorer encore d'ici quelques années. Toutefois, tant que des municipalités rejetteront leurs eaux non traitées dans le fleuve et que les pratiques agricoles ne seront pas améliorées, les problèmes locaux persisteront.

Les objets flottants et plusieurs autres agents de pollution visuelle comme la prolifération de plantes aquatiques sont aussi liés aux rejets des eaux usées municipales. En aval des rejets municipaux non traités, on voit souvent des tubes d'insertion non biodégradables de tampons sanitaires (Lamoureux, 1989) et des condoms en latex. Le Programme d'assainissement des eaux du Québec devrait permettre d'éliminer en bonne partie ce type de déchets aux endroits où les eaux usées ne sont pas encore traitées.

UN ENGAGEMENT À LONG TERME

Les écosystèmes sont complexes et évoluent à une échelle temporelle beaucoup plus étendue que celle des interventions humaines. Une très longue période peut s'écouler avant que le plein effet d'un choc environnemental se manifeste. Il en va de même lorsque des mesures correctives sont prises : on ne peut s'attendre que leurs effets sur l'ensemble de l'écosystème soient immédiats, et c'est pourquoi il est parfois difficile de convaincre les parties concernées de la pertinence d'appliquer de telles mesures.

L'intégration de l'environnement et de l'économie

Lorsqu'on tente de remédier aux problèmes environnementaux, la rentabilité à court terme de cette intervention soulève presque immanquablement des difficultés. La relation qui existe entre l'environnement et l'économie doit être mieux comprise si l'on veut entreprendre des actions efficaces mais parfois contraignantes à court terme sur le plan économique. À long terme toutefois, ces actions auront des effets positifs considérables.

Ainsi, la réduction des rejets industriels toxiques peut d'abord avoir un impact négatif sur l'économie en entraînant une hausse des coûts de production et des prix à la consommation. Cependant, l'amélioration de la qualité du milieu aquatique est profitable à moyen terme et à long terme puisqu'elle diminue les coûts de traitement de l'eau et favorise l'essor économique régional grâce à un accroissement des activités touristiques et récréatives ainsi qu'à une meilleure qualité de vie en général. L'imposition de nouvelles normes incite de plus en plus les industries à modifier leurs procédés et à inclure dans leurs objectifs la recherche et la mise en place de techniques alliant productivité et respect de l'environnement. Dans de nombreux cas, la mise en place de nouveaux procédés de production faisant appel à des techniques « propres » s'avère rentable, même à court terme.

La conservation des ressources en vue d'une exploitation profitable à plus long terme est une préoccupation sociale qui doit interpeller autant les différents gouvernements que la population et l'industrie. Cette dernière doit d'ailleurs relever un défi d'autant plus grand, en matière d'environnement, que les entreprises nord-américaines visent généralement la rentabilité à court terme.

Une collaboration essentielle

Le Saint-Laurent et les bassins hydrographiques qui l'alimentent couvrent un vaste territoire relevant de plusieurs administrations. Le fleuve est séparé par la frontière canado-américaine, il couvre une partie de l'Ontario et il traverse le Québec d'ouest en est. On compte au Québec 44 municipalités

TABLEAU 19.2

Liste des principaux intervenants dans la sauvegarde et la mise en valeur du Saint-Laurent

Intervenants	Mandat ou objectifs	Programmes
Commission mixte internationale	•Gestion des eaux limitrophes et transfrontalières	•Financement d'études sur l'état des eaux de part et d'autre de la frontière canado-américaine
Gouvernements fédéral et provincial : Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Industrie, Sciences et Technologie Canada, ministère de l'Environnement du Québec, ministère des Transports du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec	•Administration de diverses lois, dont la *Loi sur les pêches*, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* et la *Loi sur la qualité de l'environnement du Québec* •D'ici 1993, réduction de 90 % des rejets liquides toxiques des 50 industries les plus polluantes •Conservation, protection, restauration et mise en valeur des espèces, des écosystèmes et des ressources du fleuve •Mise au point de nouvelles techniques industrielles •Amélioration de la qualité de l'eau du Saint-Laurent	•Plan d'action Saint-Laurent (harmonisation des efforts fédéraux et provinciaux) •Politique de gestion de l'habitat du poisson •Programme d'assainissement des eaux du Québec •Plan intégré de mise en valeur du Saint-Laurent •Programme de réduction des rejets industriels •Protection des habitats et gestion des ressources
Centres de recherche et universités	•Accroissement des connaissances du milieu aquatique •Exploration de nouvelles avenues pour assurer la protection de l'environnement	•Études sur l'écotoxicologie; l'interaction entre les sédiments et l'eau; le comportement des substances nutritives et des polluants; la modélisation des cours d'eau
Groupe d'initiatives et de recherches appliquées au milieu (GIRAM) (cégep de Lévis-Lauzon)	•Recherches axées sur les réalités du milieu •Intervention dans les dossiers d'actualité •Action au palier régional	•Colloque sur la mise en valeur du Saint-Laurent •Mémoires visant la protection du Saint-Laurent
Société de développement économique du Saint-Laurent (SODES)	•Développement économique du Saint-Laurent en accord avec des impératifs environnementaux	•Membre des comités directeur et technique du Projet de mise en valeur du Saint-Laurent •Création du comité Tourisme, Loisir et Environnement •Organisation de colloques et de tables rondes •Mise sur pied du Conseil québécois du nautisme
Industries et secteur privé	•Respect des nouvelles normes régissant les rejets de polluants dans le fleuve •Maintien de l'image de marque de l'industrie	•Investissement de nouveaux fonds dans la recherche de procédés de fabrication moins polluants
Municipalités régionales de comté, communautés urbaines de Montréal et de Québec, municipalités	•Aménagement des berges en vue de l'exploitation du potentiel récréatif et touristique du fleuve •Traitement des eaux usées municipales	•Plans d'aménagement des rives et routes d'accès au fleuve •Dans certains cas, réglementation des aménagements privés en bordure du fleuve
Groupes environnementaux : Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN), Corporation de protection de l'environnement de Sept-Îles, Corporation pour la mise en valeur du lac Saint-Pierre, Fondation des Grands Lacs, Société linnéenne du Québec, STOP, Société pour vaincre la pollution, Greenpeace, etc.	•Conservation et mise en valeur du Saint-Laurent : maintien des processus écologiques, préservation de la diversité génétique, exploitation durable des espèces et des écosystèmes, et sensibilisation de la population	•Stratégie Saint-Laurent : portrait de l'état des écosystèmes naturels et sociaux •Octroi des prix Béluga et Pollution •Poursuite en justice contre les pollueurs •Sensibilisation de la population, concertation et vigilance environnementale
Groupes de citoyens et particuliers	•Protection des rives et amélioration de la qualité de l'eau	•Formation sporadique de divers mouvements, certains au sein de la Fédération des associations pour la protection de l'environnement des lacs (FAPEL) •Intégration de la qualité de l'eau à des objectifs parallèles (associations de canot-camping ou de canot-kayak) •Participation à la récupération des déchets et à la préservation du milieu naturel

régionales de comté le long du Saint-Laurent, en plus des communautés urbaines de Montréal et de Québec. Les intervenants sont donc nombreux : outre les organismes gouvernementaux des paliers municipal, régional, provincial, national et international, on compte des organismes voués à la protection de l'environnement, des entreprises commerciales et industrielles, des centres de recherche et des groupes de citoyens (tableau 19.2).

Le nombre et la diversité des intervenants touchés par la sauvegarde et la mise en valeur du Saint-Laurent entraînent souvent des chevauchements administratifs, et la duplication de certains champs d'action des gouvernements provincial et fédéral accentue le problème. Toutefois, en juin 1989, un pas significatif a été franchi avec la signature d'une entente harmonisant les

efforts déployés dans le cadre des divers programmes de dépollution instaurés par le gouvernement provincial et du Plan d'action Saint-Laurent du gouvernement fédéral.

Une divergence d'intérêts entre les intervenants engagés dans la sauvegarde du fleuve et sa mise en valeur est aussi possible. Ainsi, un projet de sauvegarde d'habitats humides peut s'avérer incompatible avec un projet de drainage agricole ou de construction d'un quai. Comme elles sont interdépendantes en même temps que très diversifiées, toutes les mesures de protection et de mise en valeur du Saint-Laurent doivent être coordonnées pour que l'on puisse s'assurer de leur compatibilité et de leur efficacité.

Les gouvernements fédéral et provincial investissent des millions de dollars dans des programmes conjoints de dépollution, de restauration et de mise en valeur du Saint-Laurent. Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, on a subdivisé le fleuve en 23 zones d'intérêt prioritaire afin de faciliter la compréhension des phénomènes associés aux activités humaines locales, de mettre en relief les ressources et usages de chaque zone et de susciter un engagement des partenaires riverains vers l'action. Un autre programme du PASL, la création du parc marin du Saguenay, résulte d'une entente signée en 1990 entre les gouvernements provincial et fédéral et vise à protéger et conserver la faune et la flore exceptionnelles de ce territoire; il permettra également d'assurer la survie du béluga.

De plus en plus de campagnes de sensibilisation mises sur pied par des organismes gouvernementaux et non gouvernementaux et des groupes de citoyens visent à amener le public à changer d'attitude et de comportement dans ses rapports quotidiens avec l'environnement. C'est dans cette optique que le programme Stratégie Saint-Laurent mis en œuvre par l'Union québécoise pour la conservation de la nature a été élaboré : il veut inciter les Québécois à définir, sur les plans local, régional et provincial, des mesures concrètes de gestion, de sauvegarde et de remise en état du fleuve.

CONCLUSION

Depuis plus de dix ans, différents intervenants œuvrent à la restauration et à la protection du Saint-Laurent. En parallèle, les efforts soutenus des groupes de défense de l'environnement ont sensibilisé l'opinion publique et amené les gens à prendre conscience de l'état précaire du fleuve.

Les programmes de sauvegarde du Saint-Laurent mis en place jusqu'à maintenant donnent déjà des résultats. Certains polluants sont en régression et la qualité de l'eau devrait s'améliorer au cours des prochaines années. Toutefois, malgré des signes encourageants, la question des rejets toxiques est de taille si l'on en juge par les interdictions touchant la consommation de certaines espèces de poissons, les menaces qui planent sur la survie du béluga du Saint-Laurent, les concentrations élevées de DDT dans les œufs du faucon pèlerin, etc. Il est utopique d'envisager une restauration complète du fleuve tant que des polluants y seront rejetés en quantités supérieures à sa capacité d'épuration.

La pollution n'a pas de frontières. Les programmes mis sur pied au Québec ne peuvent résoudre le problème des polluants provenant des eaux internationales des Grands Lacs et de la partie amont du Saint-Laurent. Par exemple, les anguilles d'Amérique du lac Saint-Pierre présentent des teneurs inquiétantes en mirex; or, la seule source connue de mirex que l'on trouve dans le fleuve est le lac Ontario (voir le chapitre 18). Le transport atmosphérique de polluants en provenance de l'Ontario ou des États-Unis est aussi un phénomène préoccupant.

Les pertes permanentes continuent de soulever des problèmes : des espèces et des milieux humides disparaissent à cause des modifications anthropiques des écosystèmes naturels. À très long terme, nous pourrons peut-être éliminer les polluants du fleuve, mais nous ne verrons jamais renaître une espèce disparue.

Le Saint-Laurent, l'un des joyaux de notre patrimoine naturel, a toujours été intimement lié à la réalité canadienne et québécoise. Malheureusement, sa détérioration est devenue une triste réalité. Le développement durable de ses ressources dépend donc largement des efforts entrepris pour en assurer une gestion adéquate.

OUVRAGES CITÉS

André, P., et C.E. Delisle. 1988. *Élaboration d'un guide pour l'aménagement des lieux d'élimination de la neige usée*. Rapport préparé par le Centre de développement technologique de l'École polytechnique de Montréal pour la Direction des stratégies et politiques environnementales, ministère de l'Environnement du Québec, Montréal.

Bernier, L. 1987. « L'analyse de l'utilisation de l'eau. » *Milieu*, 35 : 15–18.

Bolduc, P., E. Dewailly, J. Gosselin, P. Lajoie, D. Laliberté et M. Sergerie. 1986. *Santé environnementale au Québec : bases théoriques et pratiques*. Étude réalisée par les départements de santé communautaire du centre hospitalier de Rimouski et du centre hospitalier de l'Université Laval. Les Publications du Québec. Québec.

Bouchard, A., D. Barabé, M. Dumais et S. Hay. 1983. *Les plantes vasculaires rares au Québec*. Syllogeus nº 48, Musée national des Sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa.

Bourget, C. 1984. « Le fleuve et sa rive droite : 2. La pêche à l'anguille, une tradition. » Le groupe d'initiatives et recherches appliquées au milieu. (GIRAM). Lauzon.

Centre d'études en enseignement du Canada. 1986. *L'interatlas : les ressources du Québec et du Canada*. Centre éducatif et culturel. Montréal.

Champagne, J., et M. Melançon. 1985. *Milieux humides de la région de Montréal, 1966 à 1981*. Document de travail nº 39, Direction générale des terres, Environnement Canada, région du Québec. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

Champoux, L., et H. Sloterdijk. 1988. *Étude de la qualité des sédiments du lac Saint-Louis, 1984–1985*. Rapport technique nº 1 — Géochimie et contamination. Conservation et Protection, Direction des eaux intérieures, Environnement Canada, région du Québec, Montréal.

Chapdelaine, G., et A. Bourget. 1981. « Distribution, abondance et fluctuations des populations d'oiseaux marins de l'archipel de Mingan, golfe du Saint-Laurent. » *Naturaliste canadien*, 108 : 219–227.

Choquette, R. 1972. « Le Saint Laurent. » Dans : *Au fil des fleuves*. Sélection du Reader's Digest, Paris.

Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. 1978. « Pour un fleuve de qualité. » Synthèse du rapport final. *Québec Science*, 17(3) : 1–50.

Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin. 1990. *Protégeons nos eaux*. Rapport final. Ottawa.

Commission d'enquête sur les déchets dangereux. 1990. *Les déchets dangereux au Québec — Une gestion environnementale*. Les publications du Québec. Québec.

Communauté urbaine de Montréal. 1989. *L'interprétation des résultats d'analyses (1988) du Programme du réseau de surveillance écologique des cours d'eau entourant le territoire de la Communauté urbaine de Montréal*. Montréal.

Communauté urbaine de Montréal. 1991. *Système de redevances pour l'assainissement des eaux usées de type industriel* « Rapport synthèse ». Montréal.

DesGranges, J.-L., G. Chapdelaine et P. Dupuis. 1984. « Sites de nidification du cormoran à aigrettes au Québec ». *Journal canadien de zoologie*, 62 : 1260–1267.

DesGranges, J.L., et P.A. Thompson. 1990. « Contaminants détectés dans la faune du fleuve Saint-Laurent et recommandations en vue de la mise sur pied d'un réseau de surveillance écotoxicologique de la dépollution du fleuve. » Pages 359–383 dans : *Symposium sur le Saint-Laurent — Un fleuve à reconquérir*. Collection environnement et géologie, Volume 11, Université de Montréal, Montréal.

Désilets, L., et C. Langlois. 1989. *Variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent*. Direction des eaux intérieures, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Montréal.

Désilets, L., C. Langlois, A. Lamarche et D. Cluis. 1988. « Tendances temporelles de la qualité physico-chimique de l'eau du fleuve Saint-Laurent (tronçon Cornwall–Québec) au cours de la période 1955 à 1986 ». *Water Pollution Research Journal of Canada*, 23 : 542–555.

Dryade Ltée. 1989. *Revue des espèces menacées et vulnérables du couloir du fleuve Saint-Laurent*. Rapport préparé pour le Service canadien de la faune, Environnement Canada, Québec.

Dubreuil, C. 1989. « Fabuleuses actions des glaces. » *Franc-Nord*, 6(1) : 28–31.

Environnement Canada. 1985. *Milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent, 1950–1978*. Direction générale des terres, Service de la conservation de l'environnement, Environnement Canada, Sainte-Foy.

Environnement Canada. 1989. *Mémoire d'Environnement Canada, Service Conservation et Protection, région du Québec*. Mémoire présenté au Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin. Conservation et Protection, région du Québec, Montréal.

Environnement Canada. 1990. *Le Saint-Laurent et le transport maritime — Pour un juste équilibre*. Feuillet d'information Bilan Saint-Laurent. Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

Fédida, E., et J. Beaudoin. 1991. *Bilan provisoire de la réduction des toxiques par les industries du PASL, octobre 1990*. Groupe d'intervention, Plan d'action Saint-Laurent, Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

Fleury, J.M. 1973. « Le roi du fleuve est mort. » *Québec Science*, 11(7) : 13.

Germain, A., et M. Janson. 1984. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent, 1976–1981*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, région du Québec.

Germain, A., et C. Langlois. 1989. *Contamination des eaux et des sédiments en suspension du fleuve Saint-Laurent par les pesticides organochlorés, les biphényles polychlorés et d'autres contaminants organiques prioritaires*. Direction des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Longueuil.

Ghanimé, L., J.-L. DesGranges, S. Loranger et collaborateurs. 1990. *Les régions biogéographiques du Saint-Laurent*. Rapport technique préparé par Lavalin Environnement Inc. pour Environnement Canada et Pêches et Océans Canada, région du Québec.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le plan vert du Canada*. Disponible auprès d'Environnement Canada.

Gratton, L., et C. Dubreuil. 1990. *Portrait de la végétation et de la flore du Saint-Laurent*. Direction de la conservation et du patrimoine écologique, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy.

Groupe de travail sur les espèces prioritaires pour le PASL. 1990. *Comité d'harmonisation du volet conservation*, (Plan d'action Saint-Laurent). Sainte-Foy.

Groupe d'initiatives et de recherches appliquées au milieu. 1989. *Un an après le déversement du* Czantoria... *quoi de neuf?* Une prospective environnementale du fleuve Saint-Laurent. Lévis.

Houde, L., et M. Dumas-Rousseau. 1977. « Le couloir fluvial entre Montréal et le lac Saint-Pierre. » *Développement Québec*, 4(9) : 1–19.

Lalonde, Girouard, Letendre et associés Ltée. 1990. *Inventaire des établissements industriels majeurs situés le long du fleuve Saint-Laurent et de la rivière Saguenay*. Environnement Canada, Conservation et protection. Région du Québec. 7 tomes.

Lamoureux, G. 1989. « Une pollution typiquement féminine ». *In Vivo* (Bulletin de l'Association des biologistes du Québec), 9(3) : 9.

Landry, B., et M. Mercier. 1984. *Notions de géologie avec exemples du Québec*. 2e éd. Modulo Éditeur, Outremont.

Langlois, C., et H. Sloterdijk. 1989. « Contamination du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) par certains polluants organiques et inorganiques. » *Revue des Sciences de l'eau*, 2(4) : 659–679.

LAPEL INC. 1989. *Conséquences du changement climatique sur le Saint-Laurent : évaluation potentielle des impacts physiques, biologiques, chimiques et sociaux*. Rapport présenté à la Division des services scientifiques, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, région du Québec, Québec.

Lauzon, L. 1989. « L'érosion des marais intertidaux. » *Franc-Nord*, 6(2) : 24–28.

Lévesque, F., et C. Pomerleau. 1986. *Contamination de la chair de certaines espèces de la faune aquatique et amphibienne du lac Saint-Pierre par les biphényles polychlorés, le mirex et le mercure, 1983–1984*. Direction de la faune aquatique, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec.

Mailhot, Y. 1990. « Les pêcheries sportives et commerciales du fleuve Saint-Laurent en eau douce : gestion, récolte et rendement. » Pages 427–443 dans : *Symposium sur le Saint-Laurent — Un fleuve à reconquérir*. Collection environnement et géologie, Volume 11, Université de Montréal, Montréal.

Maisonneuve, C., P. Brousseau et D. Lehoux. 1990. « Critical fall staging sites for shorebirds migrating through the St. Lawrence system, Québec. » *Canadian Field Naturalist*, 104 : 372–378.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1983. *Les déchets dangereux*. Direction de la gestion des déchets dangereux et le Service de l'éducation. Sainte-Foy.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988*a* « *La pollution industrielle* ». Produire sans polluer : Mission possible. La Direction des Communications et de l'éducation. Sainte-Foy.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988*b*. *L'environnement au Québec : un premier bilan*. Sainte-Foy.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988*c*. *Contribution des activités agricoles à la pollution de certains tributaires du fleuve Saint-Laurent*. Direction de l'assainissement agricole, Sainte-Foy.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1989. *L'eau potable au Québec : un premier bilan de sa qualité*. Sainte-Foy.

Ministère de l'Environnement du Québec, 1991. *Le développement durable — Notre avenir, les défis de la décennie 1990–2000*. Sainte-Foy.

Morissette, H., et collab. 1985. *Le Saint-Laurent : ressource nationale prioritaire*. Projet Saint-Laurent, ministère du Conseil exécutif, Secrétariat général, Québec.

Ouellette, G. 1990. « Les ressources halieutiques du Saint-Laurent : Problématique de conservation et de mise en valeur. » Page 445 dans : *Symposium sur le Saint-Laurent — Un fleuve à reconquérir*. Collection environnement et géologie, Volume 11, Université de Montréal, Montréal.

Pêches et Océans Canada. 1985. *L'industrie des pêches maritimes du Québec — Description statistique*. Pêches et Océans Canada, région du Québec, Québec.

Pêches et Océans Canada. 1987. *Problématique des Bélugas du Saint-Laurent*. Rapport consultatif du Comité Ad Hoc sur la conservation des Bélugas du Saint-Laurent.

Pêches et Océans Canada. 1989. *Portrait 1988*. Pêches et Océans Canada, région du Québec, Québec.

Pêches et Océans Canada. 1991. « Les pêches maritimes du Québec. » Dans : *Statistiques mensuelles des débarquements par espèce*, décembre 1990. Pêches et Océans Canada, région du Québec, Québec.

Pêches et Océans Canada et Environnement Canada. 1989. *Plan d'action interministériel pour favoriser la survie du Béluga du Saint-Laurent*. Rapport annuel 1988–1989.

Robert, M. 1989. *Les oiseaux menacés du Québec*. Rapport présenté par l'Association québécoise des groupes d'ornithologues au Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Québec.

Robitaille, J.A., Y. Vigneault, G. Shooner, C. Pomerleau et Y. Mailhot. 1988. « Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales. » Rapport technique, *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, n° 1608. Pêches et Océans Canada, région du Québec, Québec.

Roche Ltée. 1983. *Étude des effets de la diffusion des eaux usées sur le fleuve Saint-Laurent*. Tome 1 — Relevés et interprétation. Rapport préparé pour la Communauté urbaine de Québec, Québec.

Scott, S., R. Vézina et M. Webb. 1989. *Le fleuve Saint-Laurent Son économie et son environnement*. Fondation des Grands Lacs. Toronto.

Sloterdijk, H. 1979. « Concentrations of PCBs, mercury and some other metals in the lateral muscle of Northern Pike, *Esox lucius* L., in the province of Quebec ». Pages 89–115 dans : *Compte rendu du 10e atelier sur les poissons d'eau chaude*, Am. Fish. Soc., Division du nord-est, Montebello, Québec. Direction de la recherche faunique, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec.

Sloterdijk, H. 1990. « Revue des substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent. » Pages 1–16 dans : *Symposium sur le Saint-Laurent — Un fleuve à reconquérir*. Collection environnement et géologie, Volume 11, Université de Montréal, Montréal.

Statistique Canada. 1986. « Activité humaine et l'environnement. » : *Un compendium de statistiques*. Ottawa.

Therrien, J., F. Axelsen, G. Johnson et P.-Y. Collin. 1988. *La population exploitée de l'esturgeon noir au Québec*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.

Verrette, J.-L. 1990. *Délimitation des principales masses d'eau du Saint-Laurent (Beauharnois à Québec)*. Rapport préparé par les Consultants hydriques Inc. pour le Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Environnement Canada. 1990. *Objectif : dépollution — Les 50 usines prioritaires*. Feuillet d'information Bilan Saint-Laurent. Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

Environnement Canada. 1990. *Les toxiques dans le Saint-Laurent — Une menace invisible, mais réelle*. Feuillet d'information Bilan Saint-Laurent. Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

Environnement Canada. 1991. *Le parc marin du Saguenay... Un milieu unique au sein d'un continent*. Feuillet d'information Bilan Saint-Laurent. Centre Saint-Laurent, Conservation et Protection, Montréal.

Mondoux, J.-M. 1989. « Le Saint-Laurent : usages et environnement. » Supplément à La revue maritime *L'Escale*, n° 30, août 1989, publié en collaboration avec Conservation et Protection, Environnement Canada.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été élaboré par le Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada, et la préparation du manuscrit a été coordonnée par Nicole Lavigne pour le compte du Centre.

La direction scientifique du projet a été confiée à Marie-José Auclair, qui a mené les consultations pour le compte du Centre et a apporté ses commentaires et ses conseils durant toute la réalisation du projet. Les principaux auteurs sont Danielle Cossette, Douglas J. Graham et Anne Lacoursière; Fernand Roy a supervisé la rédaction du texte pour le compte de la firme-conseil Cogesult Inc.

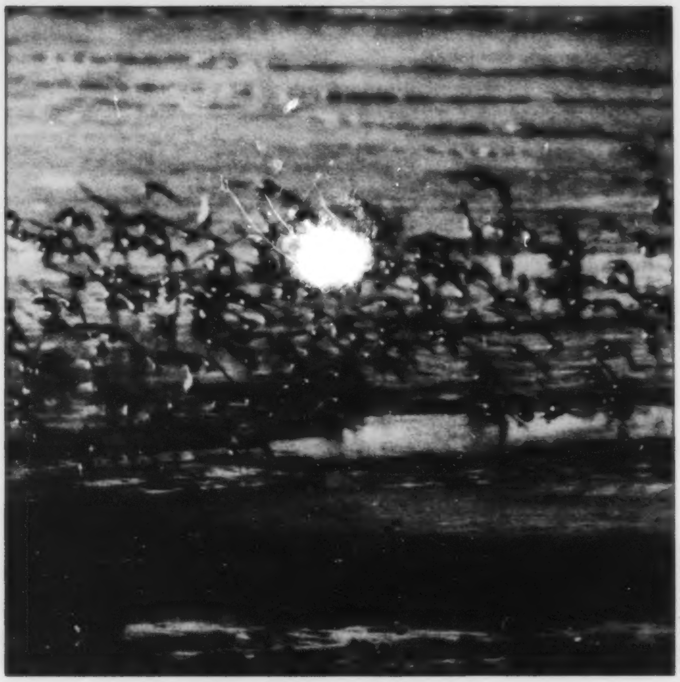
De nombreuses personnes de divers organismes gouvernementaux ont revu le manuscrit en partie ou en totalité, à diverses étapes de sa préparation. Pour Environnement Canada, citons Alain Bernier, Gaétan Duchesneau, Élie Fédida, Claude Langlois, Serge Lemieux, Lucien Martel, Michel Melançon, Lucie Olivier, Claude Rivet et Harm Sloterdijk, Conservation et Protection; Alain Dufresne et Bernard Villeneuve, Service canadien des Parcs; et Gérald Vigeant, Service de l'environnement atmosphérique. Le personnel de Pêches et Océans Canada groupait Louis Desilets et Pierre Marchand, Direction de la gestion de l'habitat du poisson. Pour le ministère de l'Environnement du Québec, les réviseurs étaient Jacques Gagnon et Paul Meunier, Direction des stratégies et politiques environnementales, et Simon Théberge, Direction de la qualité des cours d'eau.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes: Normand Cazelais, directeur du Comité sur l'environnement, Société de développement économique du Saint-Laurent (SODES) (Montréal), et Bernadette Pinel-Alloul, Département des sciences biologiques, Université de Montréal.

La coordination des premières étapes de la préparation du manuscrit a été confiée à Paul Quinn, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa); Robert Audet, Rapport sur l'état de l'environnement, a coordonné les révisions ultérieures du manuscrit et du processus de production.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Monique Simond, du Centre Saint Laurent, et Raymonde Lanthier.

20



GRACIEUSETÉ DE P.W. HICKLIN

POINTS SAILLANTS

La superficie des marais salés de la partie amont de la baie de Fundy a considérablement diminué depuis l'arrivée des colons Européens au XVI[e] siècle. Au cours des siècles suivants, les colons ont endigué et drainé 90 % des marais salés qui s'y trouvaient à l'origine afin de les cultiver, provoquant par le fait même la disparition d'habitats sauvages.

■

Au cours de la seconde moitié de notre siècle, des facteurs économiques ont entraîné une diminution de l'utilisation agricole de ces marais endigués. On a tenté de restaurer les habitats fauniques grâce à la création de milieux humides d'eau douce dans les marais endigués.

■

Les milieux humides de la région — vasières, marais salés et marais dulcicoles — revêtent une importance nationale et internationale à titre d'habitats de reproduction et de halte migratoire pour la sauvagine et constituent un maillon essentiel du réseau international de réserves d'oiseaux de rivage migrateurs.

■

Les collectivités locales travaillent à l'élaboration de stratégies de développement économique axées sur le tourisme en milieu naturel.

■

Les planificateurs de l'utilisation des terres favorisent l'adoption de stratégies à objectifs intégrés afin d'optimiser les avantages des terres endiguées et, en même temps, de minimiser la concurrence directe entre les principales utilisations, soit l'agriculture et la conservation des espèces sauvages.

■

Les principaux milieux humides ont été désignés comme aires protégées.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 20-4

Un peu d'histoire 20-5
L'âge d'or de Tantramar 20-6
Une bataille contre la mer 20-6

Les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy aujourd'hui 20-7
Les populations humaines et l'industrie 20-7
Les milieux humides 20-7
Les terres endiguées 20-9
Un environnement aménagé 20-9
Une période charnière : deux décennies de changement, 1961–1981 20-11
L'abandon des terres agricoles 20-12
La conservation des habitats sauvages 20-12

L'avenir des terres de la région : le développement durable et les forces du changement 20-13
Les fondements économiques des activités agricoles 20-13
La viabilité des activités de conservation des espèces sauvages 20-14
Concurrence ou collaboration : l'utilisation polyvalente des terres 20-16
L'importance des aires naturelles 20-17
Les facteurs extérieurs et locaux modifiant l'utilisation des terres 20-17

Conclusions 20-18

Ouvrages cités 20-18

Pour de plus amples renseignements 20-19

Remerciements 20-19

Liste des encadrés

20.1 Un maillon essentiel **20-8**
20.2 L'évolution d'un refuge d'oiseaux **20-15**
20.3 L'énergie marémotrice de la baie de Fundy **20-18**

Liste des figures

20.1 Carte de l'extrémité nord de la partie amont de la baie de Fundy **20-4**
20.2 Succession des paysages dans les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy **20-5**
20.3 Succession des paysages dans les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy après l'endiguement **20-6**
20.4 Photographies aériennes prises en 1962 et 1982, montrant les changements d'utilisation des terres dans un secteur de terres endiguées (y compris des bassins de retenue d'eaux douces) et de hautes terres **20-10**
20.5 Résumé des changements d'utilisation des terres dans la région à l'étude (superficie de 2 137 km^2), 1961–1981 . . . . . **20-12**
20.6 Comparaison des revenus nets engendrés en 1961 et 1981 par diverses activités d'utilisation des terres endiguées adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy **20-13**

Liste des tableaux

20.1 Nombre maximal d'espèces de sauvagine et d'oiseaux de rivage dénombrés en une seule journée dans la partie amont de la baie de Fundy **20-9**
20.2 Description des catégories d'utilisation des terres **20-11**
20.3 Superficie des terres autrefois cultivées et superficie utilisée à des fins agricoles en 1961 et 1981 dans trois classes de possibilités agricoles **20-13**
20.4 Aires protégées existantes et proposées dans la partie amont de la baie de Fundy **20-14**
20.5 Nombre total de couples nicheurs de cinq grandes espèces de sauvagine observées dans la région limitrophe entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, 1954–1960 et 1978–1984 . . . . . **20-16**

> « Hier je suis allé en rêvant
> d'Isabeau
> Voir le foin pousser sur la digue
> Ce coin de pays était si beau
> Mais il tombe en lambeaux
> Et ses habitants, depuis long-
> temps
> N'en peuvent plus de fatigue
>
> Mais les aboiteaux attendent
> quelque part
> Que le pays d'alentour s'éveille
> Avant de venir nous parler de
> départ
> Pour d'autres merveilles »

Extrait de la chanson *Les aboiteaux*, paroles et musique de Calixte Duguay

INTRODUCTION

Des marais salés et des terres endiguées bordent la baie Shepody et le bassin de Cumberland, du cap Enragé, au Nouveau-Brunswick, à Joggins, en Nouvelle-Écosse. Il y a trois siècles, lorsque les Acadiens ont construit leurs premières digues de terre et de gazon dans la partie amont de la baie de Fundy, les marais salés étaient neuf fois plus étendus qu'à l'heure actuelle. Bon nombre de résidants des Maritimes qualifient toujours de marais ces milieux humides endigués, mais le terme de prairie maritime leur conviendrait désormais beaucoup mieux puisqu'elles ressemblent aux vastes prairies de l'ouest du Canada (Jackson et Maxwell, 1971).

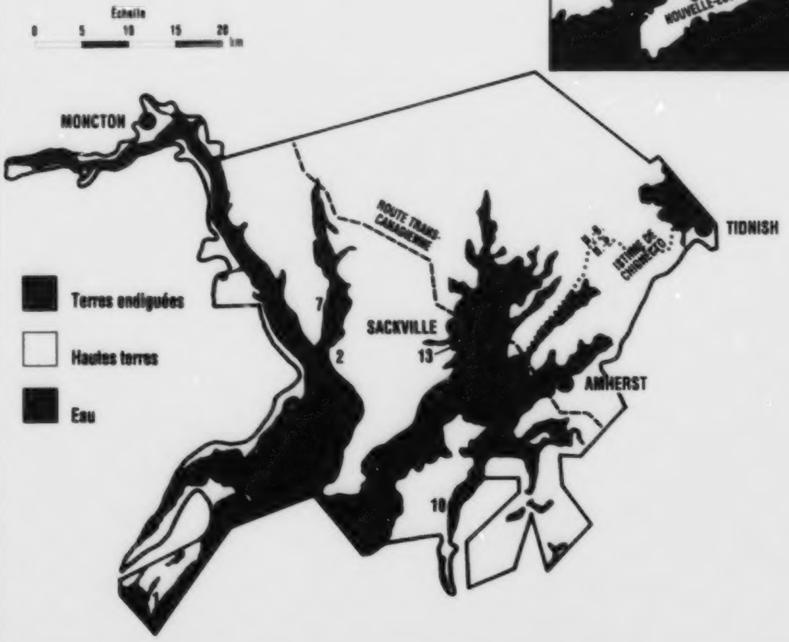
Cette région se distingue par ses caractéristiques géologiques et hydrologiques uniques, à l'origine des plus fortes marées du monde et du processus d'édification des marais, et par sa longue tradition de modification profonde du milieu naturel par les humains.

De nos jours, certaines des terres endiguées les plus fertiles et les plus proches des digues et de la mer ne servent plus à rien, et des milieux humides d'eau douce sont aménagés sur des terres endiguées mal drainées plus éloignées de la côte. La création de bassins de retenue d'eau douce sur des terres agricoles abandonnées, qui étaient autrefois des marais salés, est un revirement intéressant de l'histoire vieille de plusieurs siècles de la gestion des terres de la partie amont de la baie de Fundy.

FIGURE 20.1

Carte de l'extrémité nord de la partie amont de la baie de Fundy

Environnement Canada a effectué un relevé des utilisations des terres dans la région à l'étude en 1961 et 1981.

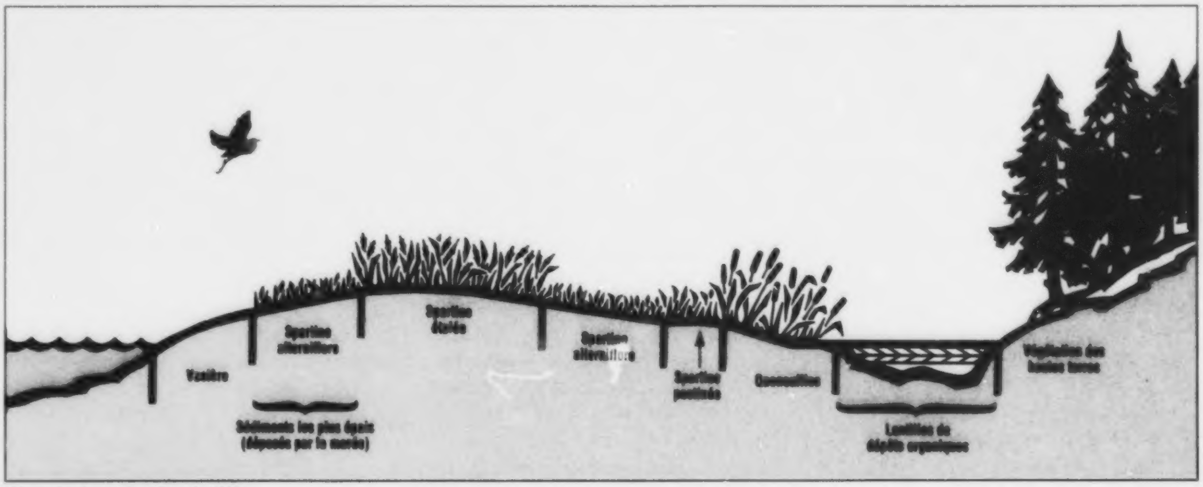


1 Cap Enragé
2 Dorchester Cape
3 Fort Beauséjour
4 Fort Lawrence–Rivière LaPlanche
5 Marais Lusby
6 Mary's Point
7 Rivière Memramcook
8 Marais Minudie
9 Rivière Petitcodiac
10 Rivière Hébert
11 Marais Shepody
12 Marais Tantramar
13 Marais Ram Pasture

Source : Environnement Canada, 1990.

FIGURE 20.2

Succession des paysages dans les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy



Source : Environnement Canada, 1990.

Une étude récente de l'utilisation des terres dans un secteur de 2 137 km^2 en bordure de la baie Shepody et du bassin de Cumberland (figure 20.1) comportait notamment une analyse de l'évolution du mode d'utilisation des terres sur 267 km^2 de terres endiguées de 1961 à 1981 (Environnement Canada, 1990). Le présent chapitre met en relief les tendances de l'utilisation des terres au cours de ces 20 années et établit un parallèle avec l'histoire naturelle de cette région de basses terres et les 350 années d'exploitation de ces milieux humides fertiles. Ce chapitre montre que les habitats fauniques en milieu humide ont légèrement augmenté au cours des dernières années, mais que la tendance générale dans la partie amont de la baie de Fundy et, en fait, sur toute la côte atlantique du Canada se traduit par la disparition de milieux humides. Depuis l'arrivée des premiers Européens, 65 % des marais de la côte atlantique ont disparu, principalement au profit de l'agriculture (voir le chapitre 7).

UN PEU D'HISTOIRE

Le nom de « Chignecto » signifie « grande région marécageuse » en langue Micmac. Les récits des premiers Européens désignent Midgic, en bordure des lacs Jolicure, comme un campement indigène d'importance. Les Micmac utilisaient également les cours d'eau à marée et d'eau douce de l'isthme de Chignecto comme voie principale de transport entre la baie de Fundy et le détroit de Northumberland (Ganong, 1899, cité par la Société royale du Canada, 1983).

À leur arrivée dans l'isthme de Chignecto au début des années 1670, les Acadiens y ont trouvé un marais salé d'une superficie de près de 150 km^2 (Teal et Teal, 1969). Ils ont immédiatement reconnu la grande fertilité des sols de ces marais. Un colon français a écrit : « [On y voit] de nombreuses prairies vastes et magnifiques qui s'étendent à perte de vue... cette contrée est en général agréable et... serait très fertile si on la cultivait. »

Les premiers colons, principalement originaires de la région du Poitou (côte ouest de la France), connaissaient déjà ce qu'était un environnement à marées (figure 20.2) et ce qu'il fallait faire pour le transformer en champs agricoles (Daigle, 1982). Plutôt que de défricher les hautes terres boisées, les Acadiens ont choisi d'endiguer, de drainer et de cultiver les milieux humides.

Les Acadiens ont soustrait de vastes superficies de marais salés à l'influence de la mer en construisant des digues de terre recouvertes d'herbe et de gazon. La technique d'assèchement utilisée par les Acadiens était l'« aboiteau », un canal de bois construit à la base de la digue et muni d'une porte basculante ou clapet s'ouvrant vers la mer pour laisser s'échapper l'eau douce de ruissellement à marée basse et se fermant lorsque l'eau de marée monte (figure 20.3). Ces terres endiguées étaient graduellement converties en marais dulcicoles à mesure que leur teneur en sel était lessivée par les eaux douces de surface. Il fallait au moins deux à trois ans pour endiguer un marais, construire les aboiteaux et drainer le sol avant que les nouvelles terres puissent servir à la culture ou au pâturage.

Les Acadiens fertilisaient leurs champs en laissant périodiquement la marée envahir les terres endiguées. Cette méthode d'ennoyage pouvait permettre d'aller chercher, chaque année, de 2 à 3 cm de sédiments riches en éléments nutritifs. Les fermes acadiennes se composaient d'un mélange de terres endiguées et de hautes terres : les premières étaient exploitées pour leur fertilité et les secondes, qui leur étaient

adjacentes et dont le sol était sec, servaient à la construction des habitations.

L'âge d'or de Tantramar

Grâce à leurs fermes établies sur les terres endiguées, les Acadiens pouvaient satisfaire presque tous leurs besoins matériels. De plus, pendant une grande partie du XVII^e siècle et au début du XVIII^e siècle, ils ont fait le commerce de leur surplus de grains avec la colonie anglaise du Massachusetts (Daigle, 1982).

En 1755, les Acadiens ont été chassés de leurs riches fermes et déportés par les soldats britanniques. Les heureux colons qui ont hérité des terres endiguées et des ouvrages qui les protégeaient sont arrivés par vagues. Des planteurs de la Nouvelle-Angleterre (1760–1765), des fermiers du Yorkshire (1772–1774) et, enfin, des loyalistes (1783–1784) ont occupé les anciennes terres des Acadiens et prolongé les digues vers la mer. Au cours du XIX^e siècle, le rythme de conversion des marais salés en terres endiguées s'est accéléré énormément. L'agrandissement des digues et la construction de fossés et de canaux de drainage ont pris de plus en plus l'allure et l'ampleur de travaux publics et, même de nos jours, le système de digues de la rivière Aulac, entrepris en 1804, sert de plate-forme à la voie ferrée du Canadien national et protège la Route transcanadienne.

Dès le début du XX^e siècle, les plantes fourragères cultivées dans les marais étaient devenues la principale culture commerciale de la région de Chignecto. Les chevaux constituaient la source essentielle d'énergie pour l'agriculture, l'extraction minière, l'exploitation forestière et le transport sur de courtes distances, et cette énergie était alimentée avec du foin. Non seulement les fermiers de Tantramar et des terres endiguées avoisinantes consommaient-ils leurs cultures à l'échelle locale, mais ils expédiaient également des quantités imposantes de fourrage vers Halifax, Saint-Jean et même jusqu'à Boston (ministère de l'Agriculture et de la Commercialisation de la Nouvelle-Écosse, 1987).

Une bataille contre la mer

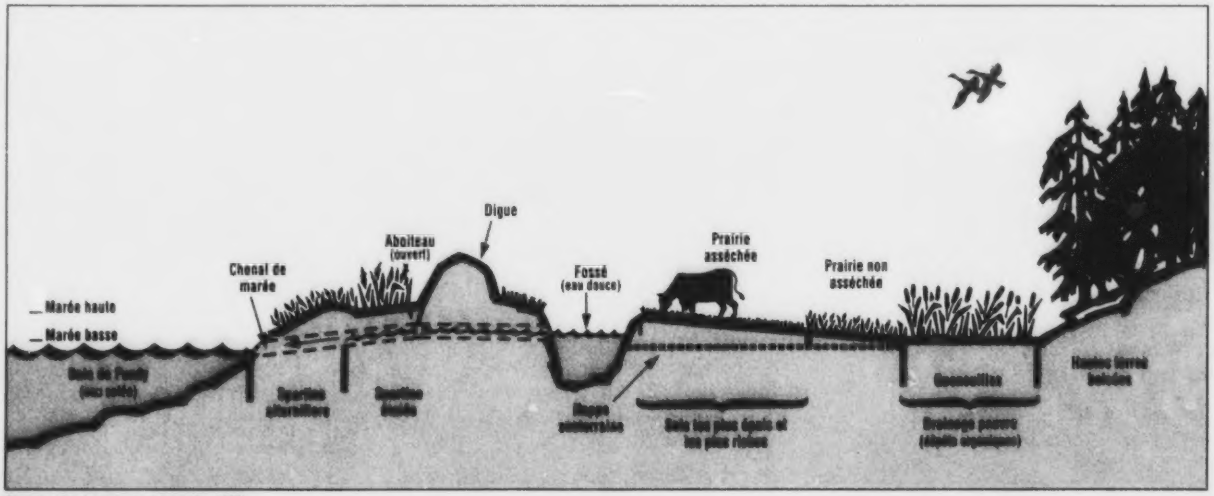
En 1920, les prix du fourrage ont culminé à 28 $ la tonne (environ 31 $ la tonne métrique), mais cette période de prospérité n'a été que le prélude à des temps plus difficiles. Avec le remplacement du cheval par le moteur à combustion interne, la valeur marchande du fourrage a dégringolé. Cet effondrement des prix, conjugué au malaise économique généralisé de la grande crise, s'est traduit par un entretien réduit des terres endiguées et l'arrêt presque complet de la construction de nouvelles digues. Dès 1943, de vastes étendues de terres arables redevenaient des marais salés en raison de la détérioration des digues.

Pour tenter de stopper toute autre perte de terre agricole, le gouvernement fédéral a adopté la *Loi sur l'utilisation des terrains marécageux des provinces maritimes*. En vertu de cette loi, le gouvernement fédéral assumait la responsabilité de la construction et de l'entretien des digues et des aboiteaux dans les Maritimes. De 1948 à 1970, quelque 333 km^2 de terrains endigués ont été protégés, dont 77 % dans la région de la baie Chignecto (partie amont de la baie de Fundy). De nouvelles digues ont été construites et d'autres ont été remplacées et des ouvrages imposants de régularisation des marées ont été aménagés sur les rivières Shepody, Memramcook, Petitcodiac et Tantramar (figure 20.1).

Cette « bataille de 20 ans » visant à sauver les terres les plus fertiles de la région a été, dans l'ensemble, couron-

FIGURE 20.3

Succession des paysages dans les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy après l'endiguement



Source : Environnement Canada, 1990.

née de succès (Ministère de l'Agriculture et de la Commercialisation de la Nouvelle-Écosse, 1987), même si les digues de certaines terres autrefois endiguées comme le marais Lusbys, à l'ouest d'Amherst, et le marais Ram Pasture, au sud-est de Sackville (figure 20.1), n'ont jamais été reconstruites en raison de l'ampleur de l'érosion. Ces régions sont redevenues des écosystèmes naturels de marais salés. La construction d'ouvrages régulateurs sur les rivières à marées a modifié le type d'agriculture pratiqué dans les marais. L'ennoyage consistait à pratiquer une brèche dans une digue bordant une rivière à marées. Lorsque la marée n'atteignait plus un cours d'eau, les agriculteurs qui cultivaient ses berges ne pouvaient continuer à maintenir la fertilité de leurs terres grâce à l'apport périodique de sédiments marins. Ils devaient donc avoir régulièrement recours au fumier, à des engrais chimiques et à la chaux, des pratiques autrefois superflues. Les nouvelles techniques ont également amené d'autres changements. Pendant les années 1970 et 1980, la principale initiative entreprise sur les terres endiguées a été le nivelage, une méthode consistant à cultiver la terre en courbes de niveau afin d'améliorer le drainage et, par la même occasion, de remplacer les anciens fossés de drainage — qui empêchaient l'utilisation efficace de la machinerie agricole moderne — par des voies d'eau herbues.

LES TERRES ADJACENTES À LA PARTIE AMONT DE LA BAIE DE FUNDY AUJOURD'HUI

Les populations humaines et l'industrie

Les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy n'ont jamais été très peuplées. En 1750, juste avant la déportation des Acadiens, environ 2 800 personnes vivaient dans cette région (Daigle, 1982). De nos jours, la population est concentrée dans deux villes, Sackville, au Nouveau-Brunswick (environ 6 000 habitants) et Amherst, en Nouvelle-Écosse (environ 10 000 habitants) (figure 20.1). En outre, plusieurs villages ainsi que des fermes et des habitations rurales sont éparpillés en bordure des marais et au pied des hautes terres en pente douce et des crêtes qui dominent les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy. La ville de Moncton, au Nouveau-Brunswick (environ 90 000 habitants, y compris ceux des municipalités environnantes), située sur les rives de la rivière Petitcodiac, exerce une influence marquée sur l'utilisation des terres et les activités sociales et économiques de la région. L'isthme de Chignecto, le pont continental qui relie la péninsule de la Nouvelle-Écosse au Nouveau-Brunswick, est un corridor important de transport et de communications. Les digues protègent la voie ferrée du Canadien National et la Route transcanadienne ainsi que les lignes de transport d'électricité et la tour de transmission sur ondes courtes de Radio-Canada International.

Au début du siècle, Sackville, au Nouveau-Brunswick, et Amherst, en Nouvelle-Écosse, étaient des centres industriels animés où prospéraient des usines de fonte et diverses entreprises manufacturières plus légères. De nos jours, il en reste très peu et il est fort probable que la contamination de l'environnement causée par des sources industrielles soit considérablement moindre qu'elle ne l'était auparavant. En comparaison d'autres régions plus densément peuplées et industrialisées, les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy sont restées relativement à l'abri des perturbations.

Toutefois, des sources ponctuelles de contaminants influent sur la qualité de l'environnement dans quatre endroits de la région, soit Moncton, Dorchester Cape, Sackville et Amherst. Bien que ces agglomérations et leurs industries connexes, y compris les usines d'apprêtage des métaux, soient situées près d'habitats vulnérables fréquentés par la sauvagine et des oiseaux de rivage, aucun effet sur les oiseaux migrateurs n'a été observé jusqu'ici et les risques pour les habitats de marais salés et pour d'autres espèces sauvages sont considérés comme faibles (Lane and Associates Ltd, 1987).

Les milieux humides

Deux fois par jour, les eaux turbulentes de la baie de Fundy déferlent dans les deux bras étroits de la baie Chignecto, soit la baie Shepody et le bassin de Cumberland (figure 20.1). Ces marées, d'une amplitude moyenne de 11 m et d'un maximum d'environ 15 m, sont parmi les plus fortes du monde : à marée basse, l'eau évacue les deux tiers du bassin de Cumberland ainsi que la moitié de la baie Shepody (Gordon et Desplanque, 1983).

Les vasières intertidales, qui sont de vastes étendues en pente douce de vase rougeâtre, parcourues de chenaux de marée encaissés, se trouvent entre les laisses habituelles de haute mer et de basse mer. Le marais salé, ruban vert de végétation qui borde ces étendues en apparence désertiques, n'est relié à l'écosystème marin que pendant une brève période, à marée haute. Cet ennoyage continu, aussi bref soit-il, est essentiel à la vie du marais et à son processus d'édification.

En 1903, un fils de l'endroit, W.F. Ganong, décrivait ainsi la nature dynamique des marais de Fundy : « [Ils] ont été, et sont encore, édifiés… à partir de vase inorganique ramenée de la mer par le mouvement des marées; leur hauteur est déterminée par celle des marées. » Au cours des 6 000 dernières années, une couche de 40 m ou plus de sédiments riches en éléments nutritifs s'est accumulée dans les marais.

Outre la turbulence des marées et la relation tumultueuse existant entre les terres et l'eau, la région se distingue par l'importance de ses habitats fauniques. L'alose savoureuse de toute la côte Est gagne le bassin vaseux de Cumberland pour se nourrir chaque été, et cette espèce et d'autres poissons anadromes comme le saumon, le gaspareau et le bar d'Amérique se dirigent chaque année vers les rivières à marées de la région pour frayer (Dadswell et collab., 1984).

Au premier regard, les vasières peuvent sembler dénuées de vie; en fait, elles regorgent d'organismes vivants. Les algues benthiques prospèrent à la surface des vasières et une légion d'invertébrés, dominés par la corophie (*Corophium volutator*), vit enfouie dans la vase. La baie de Fundy est le seul endroit en Amérique du Nord où l'on trouve cette créature semblable à une crevette et dont les densités observées sont plus élevées que partout ailleurs dans le monde. Les corophies sont le principal aliment des immenses troupes d'oiseaux de rivage migrateurs, notamment le bécasseau semipalmé, qui viennent se « ravitailler » dans la baie de Fundy (voir l'encadré 20.1).

Deux espèces de spartines dominent et délimitent les zones marécageuses. La spartine alterniflore est l'espèce dominante ou unique des marais déprimés situés plus près de la mer; les espèces halophiles dominées par la spartine étalée se succèdent dans les marais plus élevés qui ne sont inondés par la marée que trois ou quatre fois par mois (figure20.2). Le côté des digues exposé à la mer est protégé de l'érosion par la puccinellie maritime, une graminée semi-halophile. La productivité primaire — fraction du flux solaire utilisée par les organismes photosynthétiques — des marais salés du bassin de Cumberland est estimée à 52 % (Gordon, 1984). Le marais salé fournit la moitié de la matière vivante (donc de l'énergie) consommée par le zooplancton, les invertébrés, les poissons et les oiseaux qui se nourrissent dans les vasières et dans les eaux salées de la région à l'étude (figure 20.1); les autres producteurs primaires sont le phytoplancton (végétaux unicellulaires flottant dans l'eau) et les algues benthiques qui prospèrent dans les vasières. Le flux et le reflux énergétiques des marées charrient des milliers de tonnes de graminées halophiles mortes, appelées débris, dans le système marin où elles forment des réserves d'éléments nutritifs (Gordon et collab., 1985). De plus, la biomasse des spartines est une source de nourriture attrayante pour la sauvagine migratrice, notamment la bernache du Canada.

La superficie des marais salés qui alimentaient la baie de Fundy en éléments nutritifs organiques était autrefois beaucoup plus importante (elle était de 300 km^2 au XVII^e siècle et elle n'est que d'environ 43 km^2 de nos jours); l'écosystème marin reçoit donc maintenant beaucoup moins d'éléments nutritifs. Rien ne nous permet de connaître les incidences éventuelles de cette diminution sur la productivité marine. Les vasières abritent toujours de fortes densités d'organismes vivants, mais ces derniers pourraient y avoir été beaucoup plus nombreux avant que les digues viennent interrompre ce cycle de renouvellement par les débris de la chaîne alimentaire.

Diverses anecdotes permettent de déduire indirectement de quelle façon la disparition d'habitats de marais salés a eu des répercussions sur les populations d'oiseaux. Le nom de Tantramar vient du mot « tintamarre », qui signifie « vacarme, tapage énorme ». Il aurait été utilisé par les Acadiens pour désigner les cris et les battements d'ailes des vastes troupes de sauvagine qui s'arrêtaient dans les marais salés pour se nourrir lors de leur migration du printemps et de l'automne. La région est toujours une aire importante de repos et d'alimentation pour la sauvagine et les oiseaux de rivage migrateurs (voir le tableau 20.1), mais il serait très exagéré de décrire tous les bruits produits aujourd'hui, même par les plus vastes troupes de sauvagine, comme étant un « tintamarre ». La perte à grande échelle d'habitats, conjuguée à la pression exercée par la chasse intensive (qui s'est poursuivie jusqu'à l'adoption de la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs* en 1917) a probablement joué un rôle important dans la diminution de la taille des volées qui ont tant impressionné les premiers colons.

ENCADRÉ 20.1

Un maillon essentiel

En juillet et août, les oiseaux de rivage migrateurs convergent vers la partie amont de la baie de Fundy. Les volées spectaculaires de dizaines de milliers de bécasseaux semipalmés et autres espèces qui font scintiller leurs ailes blanches et sombres en tournoyant autour de leurs aires d'alimentation dans les vasières et les marais salés font ressortir l'importance de cette région pour la migration d'automne (tableau 20.1). Jusqu'à 1,4 million d'oiseaux de rivage se rassemblent dans la partie amont de la baie de Fundy. Le bécasseau semipalmé est, de loin, l'espèce la plus nombreuse, représentant 95 % de tous les oiseaux de rivage observés.

La partie amont de la baie de Fundy est une halte de ravitaillement où les oiseaux de rivage font le plein de réserves nutritives en prévision de leur migration. De là, les bécasseaux semipalmés entreprennent un vol transocéanique sans escale de 4 300 km vers leurs quartiers d'hiver de l'Amérique du Sud. Ils manifestent une préférence marquée à l'égard de quelques sites choisis le long du littoral de la baie de Fundy où la densité des corophies est à son plus fort (Hicklin et Smith, 1984).

La corophie est un amphipode fouisseur dont l'aire de répartition en Amérique du Nord se limite à la baie de Fundy et au golfe du Maine (Peer et collab., 1986). Elle se nourrit des débris arrachés aux marais salés avoisinants par le flux et le reflux des grandes marées de la baie de Fundy qui les rejettent dans l'écosystème marin (Gordon et collab., 1985).

La survie de la plupart des oiseaux de rivage dépend, lors de la migration, de quelques habitats humides et côtiers fort distants les uns des autres, comme ceux de la baie de Fundy. Ces endroits, séparés par de vastes barrières écologiques, comme des forêts ou des océans où il est impossible de se poser ou de s'alimenter (Meyers et collab., 1987; Environnement Canada, 1986), sont des maillons essentiels du cycle biologique annuel des oiseaux de rivage.

Afin de protéger tous les endroits d'une importance capitale fréquentés par les oiseaux de rivage lors de leur longue migration, des organismes de conservation, tant du secteur public que privé, se sont regroupés de façon informelle et ont créé le Réseau de réserves d'oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental. La baie Shepody a été reconnue comme un milieu humide d'importance internationale le 8 août 1987 lorsqu'elle a été portée sur la liste de la Convention de Ramsar, une entente internationale visant à protéger les zones humides; ce site est devenu la première réserve d'oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental au Canada.

TABLEAU 20.1

Nombre maximal d'espèces de sauvagine et d'oiseaux de rivage dénombrés en une seule journée dans la partie amont de la baie de Fundy

Espèce	Nombre	Saison
Bernache du Canada	6 100	mars–mai
Bernache cravant	50	mars–mai
Canard noir	1 550	septembre–novembre
Autres canards barboteurs[a]	2 200	septembre–novembre
Canards plongeurs[b]	350	mars–mai
Canards de mer[c]	2 100	mars–mai
Pluvier semipalmé	2 788	juillet–octobre
Pluvier argenté	1 488	juillet–octobre
Grand chevalier	154	juillet–octobre
Petit chevalier	1 356	juillet–octobre
Grand bécasseau et bécasseau maubèche	1 447	juillet–octobre
Bécasseau à croupion blanc	707	juillet–octobre
Bécasseau minuscule	3 503	juillet–octobre
Bécasseau variable	2 655	juillet–octobre
Bécasseau roux	1 405	juillet–octobre
Bécasseau semipalmé	456 355	juillet–octobre
Bécasseau sanderling	1 150	juillet–octobre

[a] Morillon à collier, petit garrot, grand morillon, petit morillon, garrots et becs-scies.

[b] Canard colvert, canard pilet, sarcelle à ailes vertes, sarcelle à ailes bleues et canard siffleur d'Amérique

[c] Canard kakawi, eiders et macreuses.

Source : Smith et Hickin, 1984.

Les basses terres qui entourent la baie Shepody et le bassin de Cumberland formaient autrefois le plus grand marais salé des Maritimes. La construction de digues a radicalement modifié l'écosystème naturel, de sorte que l'on y trouve maintenant les plus vastes étendues de terres endiguées de la région. Là où les digues n'ont pas mis fin au flux et au reflux de la marée, le marais a continué de s'édifier verticalement à un rythme de 30 à 45 cm par siècle sous l'action combinée de l'élévation du niveau moyen de la mer et de l'accroissement de l'amplitude de la marée (Amos, 1978). De nos jours, la laisse de haute mer de la plupart des marais salés est marquée par une digue sinueuse.

Les terres endiguées

La plus grande étendue de terres endiguées se trouve dans les marais de Tantramar où une superficie de près de 200 km^2, adjacente à Sackville, au Nouveau-Brunswick, a mérité le titre du « plus grand champ de plantes fourragères du monde ». Bien qu'une grande partie de ces terres endiguées serve à la culture de plantes fourragères ou au pâturage, des espèces fauniques sont toujours présentes. De fortes populations de campagnols des champs ainsi que de nombreux habitats de nidification permettent aux marais de Tantramar d'abriter vraisemblablement la plus forte densité démographique de busards Saint-Martin (appelés busards des marais par certains) en Amérique du Nord (Simmons et collab., 1986).

Avant l'endiguement des marais, l'action des marées a déposé les sols les plus riches et les plus épais en bordure de la mer et des rivières (figure 20.2). De nos jours, l'eau des hautes terres a tendance à s'accumuler dans les basses terres de l'intérieur, de sorte que l'endiguement a provoqué l'apparition d'une bande de milieux humides d'eau douce et de lacs peu profonds, souvent entourés d'une tourbière à sphaignes (figure 20.4). Dans certains de ces milieux humides d'origine plus ou moins naturelle, comme dans la réserve nationale de faune de Tintamarre, des bassins de retenue artificiels ont été construits pour régulariser le niveau des eaux. Ces habitats aquatiques peu profonds abritent une multitude d'espèces fauniques, y compris des rats musqués et des oiseaux aquatiques.

Un environnement aménagé

Les marées de la baie de Fundy ont pris plus de 3 000 ans à modeler les milieux humides côtiers de Chignecto, mais il a suffi de 300 ans pour maîtriser cet environnement, en grande partie à l'aide d'ouvrages techniques, et, en fait, moins de 30 ans pour rebâtir ces ouvrages à l'aide de machines et de méthodes modernes.

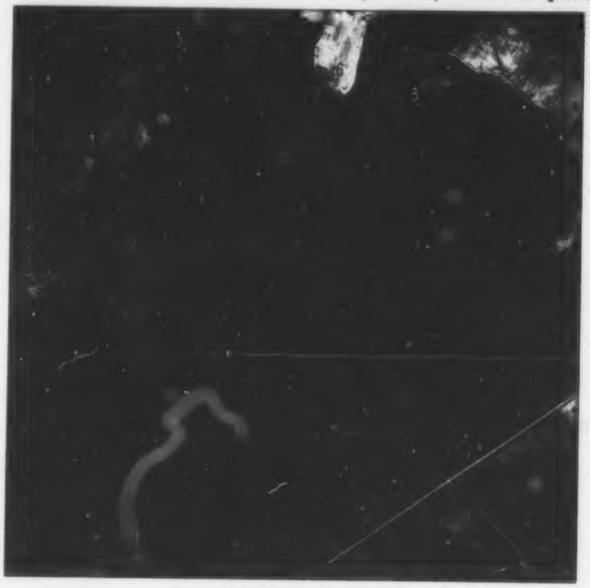
De nos jours, les milieux humides côtiers de Chignecto et les collines environnantes constituent un paysage « aménagé ». Les cycles et les phénomènes naturels continuent de s'y dérouler, mais dans des limites et des conditions fixées par l'intervention humaine. Sans l'entretien des digues, la région serait reconquise par les marais salés.

Les ouvrages régulateurs de la marée construits sur les principaux cours d'eau ont énormément réduit l'interaction entre l'écosystème marin et l'écosystème des marais endigués. Pendant de nombreuses années, les digues et les aboiteaux ont empêché les espèces de poissons anadromes de revenir frayer chaque année dans des cours d'eau importants. Depuis peu, les gestionnaires des pêches ont exercé des pressions auprès des autorités afin qu'elles laissent ouverts, à titre expérimental, les ouvrages régulateurs pendant une partie du cycle de la marée. Il en est résulté une petite montaison de truites anadromes dans la rivière Tantramar.

FIGURE 20.4

Photographies aériennes prises en 1962 et 1982, montrant les changements d'utilisation des terres dans un secteur de terres endiguées (y compris des bassins de retenue d'eaux douces) et de hautes terres

Les marais Tantramar, situés immédiatement à l'ouest de Jolicure, au Nouveau-Brunswick, ont été énormément modifiés par l'action des humains. De 1962 à 1982, on à déployé davantage d'efforts pour améliorer les habitats sauvages tandis que les activités agricoles ont diminué dans cette section relativement peu fertile du marais.



	1962	1982
1.	Digues[a]	Digues[a]
2.	Tourbière oligotrophe bombée	Recommandation touchant la protection de cette tourbière en vertu du Programme biologique international
3.	Végétation de milieux humides naturels comportant très peu d'eau libre	Amélioration des habitats de la sauvagine par endiguement afin d'accroître la superficie d'eau libre
4.	Couvert végétal de milieux humides naturels	Coupe du tapis de quenouilles afin d'améliorer l'habitat de la sauvagine, du rat musqué et d'autres espèces fauniques.
5.	Pâturage des hautes terres	Pâturage des hautes terres
6.	Terres cultivées des hautes terres	Terres cultivées des hautes terres
7.	Cours d'eau originel bordé par une bande étroite d'arbustes qui assurent la protection	Redressement du tracé du cours d'eau, qui n'est plus bordé d'arbustes

[a] Les digues montrées ne servent qu'à l'amélioration des habitats locaux d'eau douce. Dans cette région, la digue principale de protection contre les eaux salées des marées la plus près est située à 6 km au sud-ouest.

Là où la marée ne peut plus remonter les rivières, il n'est pas possible d'ennoyer les terres endiguées. Cet ennoyage par la marée a été la clé du succès d'une agriculture durable pratiquée pendant plus de 250 ans et l'amendement du sol à l'aide de chaux ou d'engrais, par exemple, était limité sinon inexistant. Bien que ces terres endiguées soient toujours parmi les plus fertiles des Maritimes, de nombreux agriculteurs ne peuvent plus maintenir la fertilité de leurs terres grâce à l'application périodique des sédiments transportés par la marée. Ils doivent maintenant faire appel à des engrais chimiques.

Les lacs d'eau douce et les tourbières en périphérie des terres endiguées ont par la suite été modifiés, dans certains cas, par des travaux de drainage et un ennoyage par la marée destinés à les transformer en terres agricoles et, dans d'autres cas, par la construction d'ouvrages de régularisation du niveau des eaux afin d'améliorer l'habitat de nidification de la sauvagine. Les espèces de sauvagine établies dans la région — le canard noir, la sarcelle à ailes bleues, la sarcelle à ailes vertes, le morillon à collier — et celles attirées dans la région par les milieux humides d'eau douce artificiels — le canard pilet — s'y reproduisent et y élèvent leurs petits. Les bassins de retenue à niveau d'eau contrôlé ont également attiré des oiseaux et des espèces de sauvagine des marais qui n'étaient pas répandus dans la région, dont le canard souchet, la foulque d'Amérique et la guifette noire ainsi que de très fortes densités de grèbes à bec bigarré. L'amélioration des habitats de nidification en eau douce est le fruit de la collaboration entre Canards Illimités Canada, un organisme international privé voué à la conservation, à la mise en valeur et au maintien des aires de reproduction de la sauvagine, et le gouvernement, notamment le Service canadien de la faune. Depuis 1965, la superficie totale des milieux humides d'eau douce a augmenté de façon importante grâce à la conversion des terres endiguées côtières, elles-mêmes d'anciens marais salés, en milieux humides d'eau douce.

TABLEAU 20.2

Description des catégories d'utilisation des terres

Catégorie	Description
Cultures	Y compris la production de plantes fourragères, les prairies asséchées et la production de céréales et de légumineuses
Pâturage	Y compris les prairies non asséchées
Autres activités agricoles	Zones consacrées à la production commerciale de gazon en plaques et de bleuets
Aires naturelles	Régions non cultivées mais montrant des signes d'activité agricole antérieure, comme la présence de clôtures et de fossés. Régions ne montrant aucun signe discernable d'activités humaines lors des relevés.
Exploitation forestière	Régions présentant des signes évidents d'exploitation active
Anciennes terres forestières	Régions ne présentant aucun signe d'exploitation active, mais des traces d'activité forestière antérieure, comme d'anciens parterres de coupe et des chemins forestiers
Habitation	Régions dotées d'une infrastructure domiciliaire
Conservation	Régions de conservation de la faune : milieux humides, bassins de retenue, réserves fauniques, refuges, etc.
Autres activités	Infrastructure industrielle, de communication et de transport

Source : Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, région de l'Atlantique.

Une période charnière : deux décennies de changement, 1961–1981

Pendant plus de trois siècles, les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy ont été utilisés de façon intensive et variée. Une étude effectuée par Environnement Canada (1990) sur 2 137 km² de terres de ce secteur (voir la figure 20.1), dont 1 870 km² de hautes terres et 267 km² de terres endiguées, fait le point sur les changements majeurs de l'utilisation des terres de 1961 à 1981. L'étude porte sur les différentes utilisations actuelles des terres (axées principalement sur l'agriculture, la conservation des espèces sauvages et la foresterie)[1], les nouvelles utilisations possibles des terres, les tendances globales de l'économie de la région et la viabilité à long terme des diverses utilisations des terres.

Un relevé a été effectué dans la région en 1961 et, à nouveau, en 1981 à l'aide de photographies aériennes (figure 20.4). Environnement Canada a choisi neuf catégories d'utilisation des terres (tableau 20.2) et a comparé par ordinateur les résultats des deux relevés.

Au cours de ces deux décennies, la superficie des terres endiguées consacrée à la culture de plantes fourragères a énormément diminué et de vastes étendues de terres agricoles abandonnées (y compris celles englobées dans les aires naturelles au tableau 20.2) ont été consacrées à d'autres activités.

Simultanément, l'affectation des terres à des utilisations liées à la conservation de la faune (réserves fauniques et bassins de retenue pour la sauvagine, p. ex.) a augmenté de façon marquée, révélant l'abandon de l'agriculture au profit d'activités de conservation sur certaines terres endiguées exploitées autrefois à des fins agricoles (A. Hanson, Service canadien de la faune, comm. pers.). Les hautes terres ont également connu une évolution, l'agriculture et la conservation y étant abandonnées au profit de la foresterie principalement. La figure 20.5 illustre l'évolution relative d'une catégorie d'activité à une autre au cours de ces 20 années. Parmi les nombreux change-

[1] Le présent chapitre n'aborde pas les changements survenus dans l'exploitations forestière des terres.

FIGURE 20.5

Résumé des changements d'utilisation des terres dans la région à l'étude (superficie de 2 137 km²), 1961–1981

La figure est conçue pour être consultée de gauche à droite plutôt que de haut en bas. Ainsi, elle montre qu'il restait, en 1981, seulement 64 % de la superficie cultivée en 1961, tandis que 17 %, 14 %, 4 % et 1 % ont été transformés en pâturages, en aires naturelles, en secteurs d'habitation et en zones de conservation, respectivement.

CATÉGORIES D'UTILISATION DES TERRES EN 1981

CATÉGORIES D'UTILISATION DES TERRES EN 1961	Cultures	Pâturage	Autres activités agricoles	Aires naturelles	Habitations	Exploitation forestière	Anciennes terres forestières	Conservation	Autres	Pourcentage de la superficie totale à l'étude en 1961
Cultures		17		14	4			1		13
Pâturage	21	3[illegible]	2	3[illegible]	3		2	7		4
Autres activités agricoles	2	2		6	4	1			7	0,1
Aires naturelles	1	2				2	10	3		68
Habitations				1						1,5
Exploitation forestière				[illegible]		27	3[illegible]			0,2
Anciennes terres forestières						5				11,3
Conservation										0,1
Autres	2	2		17						1,8
Ensemble de la région à l'étude										

Source : Environnement Canada, 1990.

ments mineurs d'utilisation des terres, deux tendances majeures se dessinent : une diminution de l'activité agricole et, simultanément, le terrain gagné par la conservation de la faune. Ces changements d'utilisation des terres se reflètent dans les revenus nets générés par les diverses activités en 1961 et en 1981. La culture de plantes fourragères a continué d'engendrer les recettes les plus élevées sur les terres endiguées, malgré la diminution des superficies cultivées (figure 20.6). La production de gazon en plaques et la conservation des milieux humides d'eau douce comme habitat de la faune ont toutefois entraîné les augmentations de revenus les plus importantes.

L'abandon des terres agricoles

Les deux relevés (1961 et 1981), révèlent une diminution importante de l'activité agricole dans la région à l'étude (Environnement Canada, 1990). Il est intéressant d'examiner de plus près cette tendance. Le tableau 20.3 révèle que l'abandon des fermes entre 1961 et 1981 n'a pas eu lieu uniquement dans les régions où les sols avaient de faibles possibilités, mais il était réparti dans l'ensemble des classes de possibilités des sols.

Il y a donc fortement lieu de supposer que cette tendance n'était pas uniquement fonction d'une faible productivité des sols ou d'une nappe souterraine élevée, mais également d'une variété de facteurs socio-économiques. Les conditions du marché, la taille des exploitations, le morcellement des fermes, l'accès routier, l'évolution des valeurs sociales et les attentes des familles des agriculteurs ont tous joué un rôle (Jackson et Maxwell, 1971). Les terres toujours cultivées, contrairement à celles qui ont été abandonnées, occupaient surtout des sols offrant de très bonnes possibilités pour l'agriculture. Ainsi, le succès d'une exploitation agricole dépend en grande partie de la productivité du sol et d'un drainage adéquat, même si la productivité du sol n'est pas nécessairement une garantie de succès. Il est important de noter que bon nombre des facteurs ayant causé l'abandon des terres agricoles sont en réalité réversibles. Il pourrait être un jour rentable de remettre en culture des terres abandonnées, en supposant qu'elles n'ont pas été reconquises par la mer, transformées en bassins de retenue d'eau douce, asphaltées ou autrement modifiées de façon irréversible.

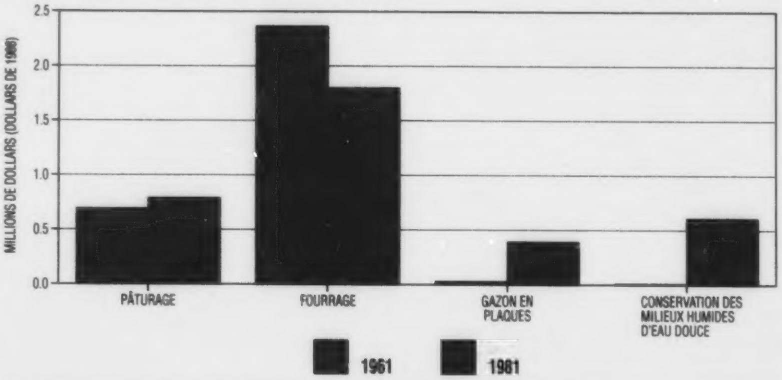
La conservation des habitats sauvages

Dans les régions endiguées, l'agriculture a nettement perdu du terrain au profit de la conservation des espèces sauvages de 1961 à 1981. Ainsi, des bassins de retenue d'eau douce ont été aménagés sur des terres agricoles en vue de créer des habitats propices à la sauvagine et à d'autres espèces fauniques aquatiques. Parmi les terres récemment consacrées à la conservation dans la région à l'étude, 5 % étaient situées sur d'anciennes terres agricoles, 17 %, dans des pâturages, 56 %, sur des terres agricoles abandonnées et 28 %, dans des régions n'ayant connu aucune autre activité antérieure (Environnement Canada, 1990).

La conservation a graduellement gagné du terrain, mais sur des terres agricoles déjà abandonnées. Cette transformation, qui ne fait que tirer parti d'une situation existante, révèle que les activités de gestion de la faune et l'agriculture ne sont généralement pas en concurrence. La mise en valeur des habitats

FIGURE 20.8

Comparaison des revenus nets engendrés en 1961 et 1981 par diverses activités d'utilisation des terres endiguées adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy



Source : Environnement Canada, 1990.

TABLEAU 20.3

Superficie des terres autrefois cultivées[a] et superficie utilisée à des fins agricoles en 1961 et 1981 dans trois classes de possibilités agricoles[b]

Classe de possibilités	Anciennes terres agricoles (km²)		Terres agricoles utilisées (km²)	
	1961	1981	1961	1981
Bonnes possibilités	76	74	294	242
Possibilités faibles	52	41	71	51
Aucune possibilité	44	26	13	13

[a] Les titres des colonnes sont tirés des catégories présentées au tableau 20.2. Les « anciennes terres agricoles » font partie de la catégorie des aires naturelles.

[b] Les classes de possibilités sont basées sur les définitions de l'Inventaire des terres du Canada,1972.

Source : Environnement Canada, 1990.

en milieu humide a été entreprise par suite des recommandations formulées dans une étude portant sur les propriétaires terriens antérieurs et les anciennes utilisations des terres dans la région de Tantramar (Jackson et Maxwell, 1971). Les terres en friche autrefois consacrées à l'agriculture ont été reconnues comme ayant un potentiel considérable à titre d'habitat de la sauvagine. Le gouvernement s'est par la suite assuré que ces terres seraient utilisées à des fins de conservation en les achetant et en leur donnant un statut d'aire protégée (tableau 20.4).

L'AVENIR DES TERRES DE LA RÉGION : LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LES FORCES DU CHANGEMENT

Un examen de l'avenir des terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy laisse entrevoir que les conditions économiques ou sociales pourraient engendrer une concurrence entre les deux principaux modes d'utilisation des terres — l'agriculture et la conservation de la faune — à l'égard de certaines parcelles de choix (Environnement Canada, 1990). Le mode futur d'utilisation des terres dépendra du rendement économique des utilisations actuelles des terres et des activités de gestion des ressources, de même que de la capacité des deux secteurs en concurrence d'adopter des stratégies conjointes, comme une utilisation polyvalente des terres.

Les fondements économiques des activités agricoles

L'une des grandes tendances des activités agricoles sur les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy a été, comme partout ailleurs, l'agrandissement des exploitations agricoles et l'augmentation des dépenses d'immobilisations. Les données sur l'utilisation des terres montrent que la superficie des terres agricoles cultivées en 1981 était inférieure à 60 % de celle de 1961, mais que la population rurale actuelle dans la région à l'étude n'était que d'environ 10 % de celle de 1961 (Stokoe et collab., 1989). En d'autres termes, non seulement la superficie des terres en production était-elle moindre en 1981, mais la population agricole active avait également chuté.

À mesure que la tendance d'après-guerre à l'abandon des petites fermes familiales mixtes, qui étaient le pivot de l'économie rurale des Maritimes, s'accélérait dans les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy pendant les années 1950 et 1960, les exploitations des hautes terres (qui étaient moins fertiles, plus acides et, par conséquent, moins productives que les terres endiguées) ont en général été les premières à être délaissées. En 1981, seulement 19 % des hautes terres ayant un potentiel agricole étaient utilisées à cette fin, comparativement à 79 % des terres endiguées (Environnement Canada, 1990). Exception faite de l'expansion récente de la culture du bleuet sauvage, rien ne laisse présager

TABLEAU 20.4

Aires protégées existantes et proposées dans la partie amont de la baie de Fundy

Nom	Année d'aménagement	Superficie (km²)	Désignation
Shepody	1980	9,8	Réserve nationale de faune
Baie Shepody	1988	102	Site de la Convention de Ramsar et réserve d'oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental
Tintamarre	1977	19,9	Réserve nationale de faune
Chignecto	1982	10,9	Réserve nationale de faune et site de la Convention de Ramsar
Marais Missaguash	1982	24,0	Zone provinciale de protection du gibier
The Rocks	1958	0,2	Parc provincial
Sites de Canards Illimités Canada	Dates variées	68	Bassins de retenue d'eau douce
—	Proposé	1,93	Deux éventuelles réserves écologiques au Nouveau-Brunswick

Source : Stokoe et collab., 1989.

que les hautes terres seront vraisemblablement remises en culture dans un avenir rapproché. Il en est de même pour les terres endiguées abandonnées.

En outre, une analyse de l'utilisation des terres et un examen des facteurs économiques déterminants dans l'utilisation des terres montrent que, compte tenu des conditions actuelles du marché, la superficie des terres cultivées devrait diminuer (Environnement Canada, 1990). Même si les prix du fourrage ont légèrement augmenté et que les marchés de ce produit ont pris un certaine expansion, les marges de profit sont loin d'être celles que les agriculteurs ont connues au début des années 1920. Il est peu probable que les prix du fourrage augmentent ou que les marchés prennent suffisamment d'expansion pour inciter les agriculteurs à consacrer de plus grandes superficies à la production de fourrage. Les marchés du bœuf, des produits laitiers et des ovins produits dans la région sont principalement limités à la Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick et sont actuellement statiques (Stokoe et collab., 1989). Il n'est guère probable que la production bovine, porcine ou céréalière trouve de nouveaux débouchés en raison de la concurrence directe exercée par les producteurs du centre et de l'ouest du Canada, où les conditions du milieu sont plus favorables. La production de gazon en plaques constitue une nouvelle initiative rentable fort appropriée aux sols des terres endiguées. Ce type de production est semblable à l'extraction du sol, étant donné qu'une couche de 0,5 à 1,25 cm est enlevée en surface lors de chaque récolte; toutefois, l'épaisseur considérable des sols des terres marécageuses et la nature locale du marché rendent cette production viable (Stokoe et collab., 1989), le seul facteur limitant étant l'épaisseur du sol au-dessus de la nappe souterraine.

Diverses subventions sont accordées aux agriculteurs canadiens pour leur permettre d'être compétitifs sur un marché mondial fortement subventionné. Toutes ces subventions ont pour effet d'augmenter les superficies de tous les types de terres affectées à l'agriculture. En ce qui a trait aux terres endiguées, les subventions gouvernementales pour le drainage et l'entretien des digues ainsi que pour la culture en courbes de niveau peuvent rendre l'exploitation agricole de ces terres beaucoup plus attrayante que l'agriculture sur les hautes terres. Par contre, les subventions versées pour les engrais peuvent avoir un effet contraire et encourager l'exploitation agricole des hautes terres moins fertiles.

Règle générale, les subventions agricoles actuellement versées favorisent le recours à des méthodes particulières qui ont tendance à éloigner les agriculteurs des pratiques les plus efficaces et les mieux intégrées à l'environnement (Stokoe et collab, 1989). Ainsi, les subventions pour les engrais chimiques peuvent avoir des incidences négatives sur la faune microbienne du sol, touchant ainsi la viabilité de l'activité agricole (Stokoe et collab., 1989). Dans l'ensemble, les subventions agricoles ont principalement pour effet de garder en production une plus grande superficie de terre en général, et de terre endiguée en particulier, et réduisent donc énormément la superficie des terres pouvant servir à d'autres utilisations comme la conservation de la faune.

Sur le plan des subventions et du développement durable, il convient de noter que des deniers publics (une forme de subvention) ont servi à l'origine à acheter des aires de conservation, mais que les dépenses annuelles d'exploitation sont payées grâce aux dons versés par des particuliers à Canards Illimités Canada. Les subventions versées par l'État pour l'entretien du système de digues assurent actuellement la protection des terres agricoles, des milieux humides d'eau douce et de l'infrastructure du transport, des habitations et des communications.

La viabilité des activités de conservation des espèces sauvages

La partie amont de la baie de Fundy et les terres adjacentes renferment de nombreux habitats et écosystèmes. Jusqu'ici, des efforts concertés ont été déployés afin de préserver des habitats d'une importance capitale, notamment la halte migratoire des oiseaux de rivage de Marys Point, les vestiges de marais salés (marais Lusbys) et le refuge d'oiseaux d'Amherst-Point (voir l'encadré 20.2), ainsi que les basses terres endiguées qui pourraient être retransformées assez facilement en habitat faunique productif comme le marais Minudie (figure 20.3).

Bon nombre des basses terres endiguées ont été asséchées mais elles continuent de nécessiter un entretien considérable. La couche de dépôts organiques (figure 20.2) favorise l'apparition de vastes tapis flottants de quenouilles après une inondation. La présence de ces tapis flottants n'est pas souhaitable dans le cadre des activités de conservation de la sauvagine. Comme cette végétation dense diminue énormément l'étendue d'eau libre, il faut avoir recours à des méthodes coûteuses et à une main-d'œuvre nombreuse pour réaménager le site. Pour cette raison et parce que la plupart des sites déprimés adéquats ont déjà été « améliorés » et transformés en habitat de la sauvagine, on cherche maintenant à entreprendre de nouveaux projets sur des terres agricoles abandonnées situées près des digues. Les sols minéraux fertiles et bien drainés à couche organique mince ou inexistante présentent des avantages pour l'aménagement d'étangs d'eau douce tout autant que pour l'agriculture. De plus, si des bassins d'eau douce étaient situés plus près de la côte et des berges de rivières, la sauvagine aurait plus facilement accès aux marais salés et aux vasières et les utiliserait probablement de façon plus soutenue. En outre, en ayant recours à l'ancienne technique d'ennoyage — on laisse l'eau de mer inonder le bassin de retenue à l'occasion —, on pourrait empêcher la croissance des quenouilles et renouveler la fertilité du sol. Ces raisons font que les terres agricoles abandonnées situées plus près de la côte, des berges des rivières et des cours d'eau à marées endigués sont considérées comme ayant un excellent potentiel de conservation. Cette zone correspond, évidemment, à l'emplacement même des anciens milieux humides très productifs qui ont été transformés par les humains en champs agricoles.

Pour brosser un tableau complet du potentiel de conservation de la région, il faudrait inclure tous les milieux humides, qu'ils soient d'eau salée (p. ex., 39 km^2 de marais salé, 159 km^2 de vasières) ou d'eau douce (p. ex., lacs, bassins de retenue existants, marécages de quenouilles). Dans la région à l'étude, une superficie de 440 km^2 (dont 136 km^2 de terres endiguées) a été reconnue comme ayant une grande valeur en matière de conservation de la faune (Environnement Canada, 1990). Bien que le potentiel de conservation de ces divers habitats n'ait pas été examiné de façon systématique, des stratégies de développement économique basées sur le tourisme en milieu naturel sont actuellement mises en œuvre par les collectivités vivant autour de la partie amont de la baie de Fundy. Le refuge d'oiseaux d'Amherst-Point, créé en 1970 à des fins récréatives, attire un grand nombre d'observateurs d'oiseaux dans ses sentiers d'interprétation de la nature. On considère de plus en plus que les activités reliées à la faune et aux écosystèmes naturels et ne comportant aucun prélèvement d'espèces sauvages peuvent procurer de façon soutenue des profits au secteur des services. Cette prise de conscience a entraîné la création d'un parc de sauvagine à Sackville, au Nouveau-Brunswick, et le parrainage d'un festival annuel de la sauvagine afin d'attirer des visiteurs et de mobiliser l'attention du public sur les avantages de la conservation de la région. Fortes de la réussite de ces entreprises, les autorités du comté de Cumberland, en Nouvelle-Écosse, déclaraient dans leur plan d'action quinquennal pour la ville d'Amherst et la région que des marais consacrés à la sauvagine seraient aménagés comme attraction touristique principale, en collaboration avec le gouvernement provincial et Canards Illimités Canada (Cumberland Futures Committee, 1987).

Des populations de sauvagine en santé attirent dans la région de nombreux visiteurs, tant des observateurs d'oiseaux que des chasseurs. Comme il est indiqué au tableau 20.5, les effectifs d'espèces de sauvagine reproductrices fréquentant la région limitrophe entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse ont connu des gains nets considérables (Whitman, 1984). Bien que le nombre des couvées soit resté constant dans les marais dulcicoles naturels, les augmentations sont attribuables à l'amélioration des habitats dans la région, les espèces de sauvagine atteignant leur plus forte densité dans les bassins de retenue artificiels.

Les populations de sauvagine ne connaissent pas une augmentation proportionnelle aux améliorations apportées

ENCADRÉ 20.2

L'évolution d'un refuge d'oiseaux

Le refuge d'oiseaux d'Amherst-Point est une mosaïque de différents types de milieux humides. Au cours des 300 ans qui se sont écoulés depuis l'arrivée des premiers colons européens, les terres marécageuses de la pointe Amherst sont revenues à leur point de départ, passant de leur état initial de marais salés à celui de propriétés agricoles pour devenir à nouveau des milieux humides; cependant, ces derniers sont maintenant davantage dulcicoles que salés et ils sont entretenus à des fins de conservation de la faune.

Les marais salés asséchés et les champs des hautes terres ont été cultivés de façon continue de 1761 jusque dans les années 1940. La région a également été le siège d'une brève activité industrielle. De 1905 à 1912, la Maritime Gypsum Company a exploité les riches gisements de gypse de la région et la voie ferrée qui reliait les mines aux quais de chargement du bassin de Cumberland est maintenant un sentier d'interprétation de la nature.

Les habitants de l'endroit ont longtemps utilisé ce site, qu'ils appelaient « the Glen », à des fins récréatives. Leurs pressions en faveur de la conservation des valeurs fauniques de la région ont entraîné, en 1947, la création du refuge par le gouvernement du Canada, avec l'accord des propriétaires terriens. Le gouvernement fédéral a acheté ces terres au début des années 1970 dans le cadre d'un programme national de protection de l'habitat et les a incluses dans la réserve nationale de faune de Chignecto, qui comprenait également le marais Lusbys; celui-ci, avec ses 600 ha, constitue le plus grand marais salé encore existant dans la partie amont de la baie de Fundy.

De nos jours, le refuge abrite les habitats en milieu humide les plus diversifiés de la Nouvelle-Écosse. On y trouve notamment des étangs naturels et des tourbières, des bassins de retenue dulcicoles inondés, des hautes terres boisées et des champs agricoles abandonnés. Cette mosaïque riche et diversifiée d'habitats et l'emplacement stratégique du refuge le long d'une voie migratoire majeure ont attiré plus de 200 espèces d'oiseaux, y compris de nombreuses espèces rares et inhabituelles d'oiseaux aquatiques.

TABLEAU 20.5

Nombre total de couples nicheurs de cinq grandes espèces de sauvagine observées dans la région limitrophe entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, 1954–1960 et 1978–1984

Espèce	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	Moyenne des 7 années	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Moyenne des 7 années
Canard noir	41	31	19	110	18	20	8	35	83	55	31	36	32	47	51	48
Sarcelle à ailes vertes	1	1	8	7	0	2	0	3	18	11	6	5	3	1	15	8
Sarcelle à ailes bleues	0	0	7	2	4	3	5	3	16	14	4	11	5	5	12	10
Morillon à collier	2	4	6	1	3	5	0	3	26	17	11	17	27	17	19	19
Canard pilet	3	7	10	12	2	4	1	6	9	14	8	6	0	5	4	7
Total	**47**	**43**	**50**	**132**	**27**	**39**	**14**	**50**	**152**	**111**	**60**	**75**	**67**	**75**	**101**	**92**

Source : Whitman, 1984.

aux habitats, car ces derniers sont facilement accessibles aux chasseurs et ne sont protégés par aucun règlement particulier. Par conséquent, la saison de la chasse venue, les chasseurs se rassemblent dans ces régions aménagées et peuvent infliger de lourdes pertes aux espèces de sauvagine locales. Des règlements spéciaux touchant les marais aménagés et prévoyant, par exemple, un nombre maximal de chasseurs et des règles sur la répartition des caches, amélioreraient le taux de survie des populations locales de canards noirs, surtout pendant les premiers jours critiques de la saison, lorsqu'elles sont le plus vulnérables (Parker, sous presse).

Concurrence ou collaboration : l'utilisation polyvalente des terres

Les activités de conservation et l'agriculture nécessitent toutes deux des systèmes naturels très productifs; sur les terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy, ces systèmes sont entretenus par l'épaisse couche de sédiments inorganiques déposés par les marées. Les terres endiguées ont déjà été qualifiées de « réserve d'énergie sous forme de fertilité » (ministère de l'Agriculture et de la Commercialisation de la Nouvelle-Écosse, 1987). En raison de la richesse même du sol et des investissements importants effectués au cours des siècles dans les digues et le drainage afin de protéger cette ressource, la collectivité agricole souhaite vivement préserver ces terres pour des utilisations futures, qu'il soit rentable ou non de cultiver à l'heure actuelle les terres endiguées. Par ailleurs, le secteur de la conservation n'est plus intéressé, comme autrefois, à aménager de vastes bassins de retenue dans les basses terres endiguées plus pauvres; il souhaite maintenant aménager des unités plus petites dans des quadrilatères de terres endiguées situées plus près de la côte.

L'aménagement de zones de conservation sur des terres agricoles non cultivées vient corroborer le fait que ces deux types dominants d'utilisation des terres n'ont guère été, jusqu'ici, en concurrence directe. L'abandon des terres, qui se poursuit toujours, et les réserves importantes de terres actuellement abandonnées laissent supposer que ces zones feront l'objet de très peu de concurrence dans un avenir rapproché (A. Smith, Service canadien de la faune, comm. pers.). Une analyse des possibilités des terres révèle toutefois qu'il faut s'attendre que la concurrence entre l'agriculture et la conservation soit plus forte sur les terres endiguées lorsque les terres fertiles existantes mais non cultivées situées près des digues (20 km^2 dans la région à l'étude) auront été aménagées (Environnement Canada, 1990).

Dans ce cas, il sera primordial de planifier conjointement l'utilisation des terres afin de partager cette ressource précieuse. L'utilisation polyvalente des terres est une solution qui permettrait d'éviter la concurrence et, en même temps, d'optimiser le potentiel des terres endiguées. Cette façon de procéder, qui a été préconisée pour la première fois au début des années 1970, est à la base de l'aménagement du territoire depuis ce temps (Jackson et Maxwell, 1971). Ainsi, dans une étendue donnée de marais, les portions légèrement plus élevées et mieux drainées continueraient d'être consacrées à l'agriculture tandis que les sections plus déprimées et les réseaux de drainage seraient aménagés pour la sauvagine. Les habitats fauniques pourraient être clôturés, sauf les points d'eau accessibles au bétail. Cette utilisation polyvalente devrait permettre de développer le potentiel de la région pour la sauvagine sans toucher à la plus grande partie des terres agricoles non cultivées mais asséchées.

À défaut d'une utilisation intégrée des terres, on assistera à la disparition totale de l'une des ressources d'un endroit donné. Toutefois, tout passage d'une utilisation unique à une utilisation polyvalente doit tenir compte des efforts incessants investis au cours des siècles dans les terres endiguées, de même que des cultures et des collectivités qui y sont associées.

Il existe des exemples d'utilisation complémentaire des terres dans la région. Depuis le début des années 1970, du riz sauvage est cultivé dans des bassins de retenue d'eau douce dans la région limitrophe entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, où la fertilité élevée des limons marins permet de répondre à la forte demande en éléments nutritifs de cette culture. Le riz est devenu une culture commerciale et il attire en même temps la sauvagine dans la région (F. Payne, ministère des Terres et des Forêts de la Nouvelle-Écosse, comm. pers.).

Les milieux humides sont des filtres efficaces. À ce titre, un de leurs avantages possibles est d'assurer une certaine forme de traitement des eaux usées. La ville de Hillsborough, au Nouveau-Brunswick, d'une population approximative de 1 700 habitants, est située sur la rivière à marées Petitcodiac; cette ville a aménagé un étang de stabilisation artificiel dans des terres marécageuses pour traiter ses eaux usées. L'installation de ce système a permis d'économiser au moins 50 % du coût d'une usine classique de traitement des eaux usées. Cet étang de stabilisation s'est également révélé un habitat productif pour le canard noir (Stokoe et collab., 1989).

L'importance des aires naturelles

À l'heure actuelle, certains secteurs adjacents à la partie amont de la baie de Fundy ne sont pas exploités et n'engendrent aucun bénéfice social ou économique direct. Loin d'être des terres de désolation, ces aires naturelles jouent un rôle de premier plan, bien que passif, dans la conservation des ressources.

Ce rôle est particulièrement important dans une région comme la partie amont de la baie de Fundy où les humains ont profondément modifié le milieu naturel au cours des trois derniers siècles. Les terres qui n'ont jamais été aménagées activement et celles qui n'ont pas été utilisées depuis longtemps sont celles-là même qui offrent un certain espoir pour la survie des écosystèmes naturels indigènes. En fait, la biodiversité des marais salés, des milieux humides d'eau douce, de la forêt des hautes terres et des autres paysages naturels de la région sera d'autant mieux préservée en l'absence d'activités humaines. Collectivement, ces endroits offrent des habitats de reproduction et d'élevage à plus d'une centaine d'espèces d'oiseaux indigènes ainsi qu'à une grande variété de mammifères, de poissons et d'invertébrés. De plus, de nombreuses espèces végétales, dont certaines sont rares, ne peuvent survivre que dans des endroits peu ou pas perturbés par les humains (voir également le chapitre 7).

Les aires naturelles sont essentielles à la santé des écosystèmes. Les marais salés jouent un rôle écologique majeur, car ils fournissent le carbone organique à l'écosystème marin (Gordon et collab., 1985). L'énorme valeur des vasières et des marais salés à titre de zones d'alimentation et de repos pour les espèces de sauvagine migratrices et les oiseaux de rivage est bien connue. L'importance des lacs et des tourbières à sphaignes comme réservoirs d'eau douce, en bordure des terres endiguées de l'intérieur, est peut-être moins bien comprise.

Les facteurs extérieurs et locaux modifiant l'utilisation des terres

Des facteurs extérieurs pourraient bien avoir une influence décisive sur l'utilisation des terres adjacentes à la partie amont de la baie de Fundy. La tendance de l'exploitation forestière sur les hautes terres vers un accroissement des dimensions et du nombre de coupes à blanc fera disparaître l'habitat de certaines espèces fauniques des hautes terres et pourrait accroître le ruissellement atteignant les terres endiguées. Le réchauffement global pourrait favoriser la culture des céréales, des légumineuses et d'autres plantes sur les terres endiguées et ainsi donner un nouvel essor à l'agriculture dans l'avenir. Par ailleurs, les conditions climatiques plus sèches des parties centrales du continent pourraient entraîner l'assèchement des milieux humides que l'on y trouve. Dans ce cas, ceux de l'est du Canada pourraient jouer un rôle relativement plus important dans la conservation des populations fauniques du continent. Toute élévation du niveau moyen de la mer provoquée par le réchauffement global fera augmenter les coûts d'entretien des digues protégeant les terres agricoles et les zones actuelles d'eau douce consacrées à la conservation (Stokoe et collab., 1989). Une plus forte demande d'énergie de la part du réseau régional de distribution de l'électricité ou à des fins d'exportation, ou de plus fortes pressions exercées par le public en vue de l'utilisation de solutions de rechange à l'énergie nucléaire ou géothermique pourraient susciter un intérêt nouveau dans la mise en valeur de l'énergie marémotrice de Fundy, ce qui pourrait influer sur l'écologie et l'économie régionales (voir l'encadré 20.3).

Les sources ponctuelles locales de contamination, c'est-à-dire les industries et les centres urbains, ne semblent pas avoir d'impact négatif sur les populations fauniques à l'heure actuelle. Cependant, avec le temps et compte tenu de l'apport de sources de contamination diffuses (ruissellement agricole et ruissellement associé aux plus grandes superficies forestières coupées à blanc, p. ex.) et de la pollution attribuable aux habitations et aux véhicules, la qualité de l'environnement et l'utilisation des terres pourraient être touchés.

ENCADRÉ 20.3

L'énergie marémotrice de la baie de Fundy

Depuis le début du siècle, les très fortes marées qui caractérisent la partie amont de la baie de Fundy ont retenu l'attention des personnes s'intéressant à l'exploitation de ce vaste réservoir potentiel d'énergie. L'escalade des prix du pétrole dans les années 1970 a donné lieu à un réexamen de la rentabilité économique de la mise en valeur de l'énergie marémotrice de la baie de Fundy ainsi qu'à une évaluation en profondeur des répercussions environnementales du mégaprojet proposé (Gordon, 1984).

La construction d'un barrage à travers un inlet important de la partie amont de la baie de Fundy (p. ex., la baie Shepody ou le bassin de Cumberland) aurait des conséquences d'une portée considérable sur le milieu océanographique et ce, jusqu'à Boston en allant vers le sud. Tous les effets environnementaux proviendraient des changements fondamentaux apportés au régime des marées. L'amplitude de la marée au large d'un barrage serait accentuée, tandis qu'en arrière du barrage — dans ce que l'on appelle le bassin d'amont —, ce serait le contraire.

Des modifications de l'amplitude de la marée auraient des impacts écologiques importants sur la productivité biologique de la partie amont de la baie de Fundy. Dans le bassin d'amont, la production primaire de diatomées benthiques (une sorte d'algue) dans les vasières et la production de spartines dans les marais salés diminueraient de 65 % et 35 %, respectivement. À mesure que l'eau du bassin d'amont se clarifierait, cette perte pourrait être partiellement compensée par la production de phytoplancton, actuellement limitée par la forte turbidité des eaux. La productivité globale pourrait ne pas être réduite, mais des modifications majeures de l'abondance relative des différents organismes pourraient se répercuter sur les prédateurs situés aux niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire marine. L'aptitude d'espèces migratrices comme la sauvagine, les oiseaux de rivage et le poisson à utiliser les sources traditionnelles de nourriture de la région pourrait, en particulier, être touchée (Gordon, 1984).

La sédimentation, comme celle observée dans la rivière Petitcodiac après la construction de la chaussée, pourrait réduire la disponibilité des invertébrés, laquelle pourrait à son tour influer sur la répartition des oiseaux à la recherche de nourriture de même que sur leur densité, le taux de succès de leur prédation, leur taux d'engraissement et la durée de séjour des oiseaux de rivage dans la baie de Fundy. La disparition de la moitié ou plus des vasières en bordure du bassin d'amont pourrait également entraîner une concurrence alimentaire accrue (Smith et Hicklin, 1984). De plus, des taux de mortalité élevés du poisson, variant de 20 à 50 % lors d'un seul passage au travers de la turbine STRAFLO (à écoulement direct), ont été observés à la centrale marémotrice d'Annapolis. De telles pertes pourraient sérieusement compromettre, dans l'Atlantique Nord, le rétablissement des stocks d'aloses savoureuses et de saumons de l'Atlantique (Thurston, 1990).

L'énergie marémotrice n'est pas polluante au sens traditionnel du terme; toutefois, en déterminant si l'énergie marémotrice constitue l'utilisation la plus durable des ressources de la région, les décideurs devront tenir compte de l'ampleur des pertes d'habitats d'importance internationale fréquentés par la sauvagine et les oiseaux de rivage, et de la mortalité du poisson liée au passage dans la turbine (voir également le chapitre 4).

CONCLUSIONS

Les milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy ont subi de profondes transformations engendrées par l'intervention des humains et la technique, notamment celle introduite dans la région par les Acadiens il y a plus de trois siècles pour la construction des digues. Au moins 90 % des marais salés qui s'y trouvaient à l'origine ont fini par être soustraits à l'influence des marées à des fins agricoles. Au cours des 25 dernières années, de vastes étendues de terres agricoles abandonnées ont été converties en milieux humides d'eau douce productifs.

Bien que l'agriculture continue d'être l'activité dominante sur les terres endiguées, l'importance croissante de la conservation est un reflet fidèle des tendances économiques et sociales. Dans l'ensemble de la région, les utilisations des terres dépendront du rendement économique de ces utilisations. Il est peu probable que, dans un proche avenir, la demande et les prix des denrées agricoles produites sur les terres endiguées augmentent. Par contre, l'intérêt accru face à la qualité de l'environnement rehaussera vraisemblablement l'attrait relatif de la région en tant que zone récréative.

La situation géographique de la région dans un corridor important de transport entre la Nouvelle-Écosse et l'est du Canada, ses paysages et ses ressources fauniques en font un cadre récréatif idéal. L'expansion de l'industrie touristique coïnciderait avec le passage d'une économie agricole vers une économie de services. Une telle transition devrait toutefois se faire dans le respect des collectivités et de la culture qui sont tributaires des terres endiguées depuis le tout début de la colonisation et préserver suffisamment de terres pour répondre aux besoins futurs de l'agriculture.

Les riches milieux humides de la partie amont de la baie de Fundy ont connu de nombreuses utilisations depuis 300 ans — ils ont servi de terres agricoles, d'habitats fauniques ayant une importance à l'échelle globale et de territoires de chasse — et devraient continuer d'assurer ces fonctions à l'avenir. La possibilité d'une concurrence entre l'agriculture et les activités de conservation a toujours existé et existera toujours. Une exploitation intégrée des terres est la meilleure façon de partager les ressources de la région. En définitive, un large éventail d'utilisation des terres assure à l'environnement et à l'économie la résilience nécessaire pour réagir à des contraintes extérieures et imprévisibles.

OUVRAGES CITÉS

Amos, C.L. 1978. « The post-glacial evolution of the Minas Basin, N.S. A sedimentological interpretation. » *Journal of Sedimentary Petrology*, 48 : 965–982.

Cumberland Futures Committee. 1987. *Cumberland Futures strategy and action plan*. Rapport inédit. Cumberland Municipal Government, Amherst (Nouvelle-Écosse).

Dadswell, M.J., R. Bradford, A.H. Leim, D.J. Scaratt, G.D. Melvin et R.G. Appy. 1984. « A review of research on fishes and fisheries in the Bay of Fundy between 1976 and 1983 with particular reference to its upper reaches. » Pages 163–296 dans : Gordon, D.C., Jr.,

Dadswell, M.J. (réd.). *Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1256. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Daigle, Jean (réd.). 1982. *The Acadians of the Maritimes: thematic studies*. Centre d'études acadiennes, Université de Moncton, Moncton (Nouveau-Brunswick).

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : Une ressource à conserver*. Fiche 86–4. Direction générale des Terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Land use in the upper Bay of Fundy area*. Rapport inédit. Région de l'Atlantique, Environnement Canada, Halifax.

Ganong, W.F. 1903. « The vegetation of the Bay of Fundy salt and diked marshes: an ecological study. » *Botanical Gazette*, 36 : 3.

Gordon, D.C., Jr. 1984. « Predictions of the impacts of tidal power development on intertidal primary production in the headpond region. » Pages 453–462 dans : Gordon, D.C., Jr., et Dadswell, M.J. (réd.). *Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1256. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Gordon, D.C., Jr., et C. Desplanque. 1983. « Dynamics and environmental effects of ice in the Cumberland Basin of the Bay of Fundy. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 40 : 1331–1342.

Gordon, D.C., Jr., P.J. Cranford et C. Desplanque. 1985. « Observations on the ecological importance of salt marshes in the Cumberland Basin, a macrotidal estuary in the Bay of Fundy. » *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20 : 205–227.

Hicklin, P.W., et P.C. Smith. 1984. « Selection of foraging sites and invertebrate prey by migrant Semipalmated Sandpipers, *Calidris pusilla* (Pallas) in Minas Basin, Bay of Fundy. » *Journal canadien de zoologie*, 62 : 2201–2210.

Inventaire des terres du Canada. 1972. *Classification des sols selon leur aptitude à la production agricole*. Rapport n° 2, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Jackson, C.I., et J.W. Maxwell. 1971. *Landowners and land use in the Tantramar Area, New Brunswick*. Rapport n° 9 de l'Inventaire des terres du Canada, ministère de l'Expansion économique régionale, Ottawa.

Lane and Associates Ltd. 1987. *Risks to migratory birds: industrial point sources of toxic chemicals in Atlantic Canada*. Rapport du Service canadien de la faune, projet E–135, Environnement Canada, Sackville (Nouveau-Brunswick).

Lochhead, D., et Holownia, T. 1989. *Dykelands*. McGill-Queen's University Press, Montréal (Québec).

Ministère de l'Agriculture et de la Commercialisation de la Nouvelle-Écosse. 1987. *Maritime dykelands: the 350-year struggle*. Halifax (Nouvelle-Écosse).

Myers, J.P., R.I.G. Morrison, P.Z. Antas, B.A. Harrington, T.E. Lovejoy, M. Sallaberry, S.E. Senner et A. Tarak. 1987. « Conservation strategy for migratory species. » *American Scientist*, janv.–fev. : 19–26.

Parker, G. Sous presse. « Survival of juvenile Black Ducks. » *Journal of Wildlife Management*.

Peer, D.L., L.E. Linkletter et A.W. Hicklin. 1986. « Life history and reproductive biology of *Corophium volutator* (crustecea : amphipoda) and the influence of shorebird predation on population structure in Chignecto Bay, Bay of Fundy, Canada. » *Netherlands Journal of Sea Research*, 20 (4) : 359–373.

Simmons, R.E., R.B. McWhirter, P.E. Barnard et G.L. Hansen. 1986. « The influence of microtines on polygyny, productivity, age, and provisioning of breeding Northern Harriers : a 5-year study. » *Journal canadien de zoologie*, 64(11) : 2447–2456.

Smith, P.C., et Hicklin, P.W. 1984. « Potential impacts of tidal power developments on bird populations in the Bay of Fundy. » Pages 511–524 dans : Gordon, D.C., Jr., et Dadswell, M.J. (réd.). *Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1256. Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Société royale du Canada. 1983. *Mémoires de la Société royale du Canada, (2e série, 1899–1990) 5(2)*. Print'n Press, St. Stephen (Nouveau-Brunswick).

Stokoe, P.K., J. Roots et B. Walters. 1989. *An assessment of the economic factors underlying the sustainability of land uses in the Chignecto wetlands area: final Report*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Dartmouth (Nouvelle-Écosse).

Teal, J., et M. Teal. 1969. *Life and death of a salt marsh*. Little, Brown and Company, Boston.

Thurston, Harry. 1990. *Tidal life, a natural history of the Bay of Fundy*. Camden House Publishing, Camden East (Ontario).

Whitman, W.R. 1984. *Aerial surveys of waterfowl breeding pairs in New Brunswick and Nova Scotia 1954–60 and 1978–84*. Service canadien de la faune, Sackville (Nouveau-Brunswick).

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Green, D.F. 1981. « Chignecto marshes; birds and hay country. » *Canadian Geographic*, 101 (3) : 44–49.

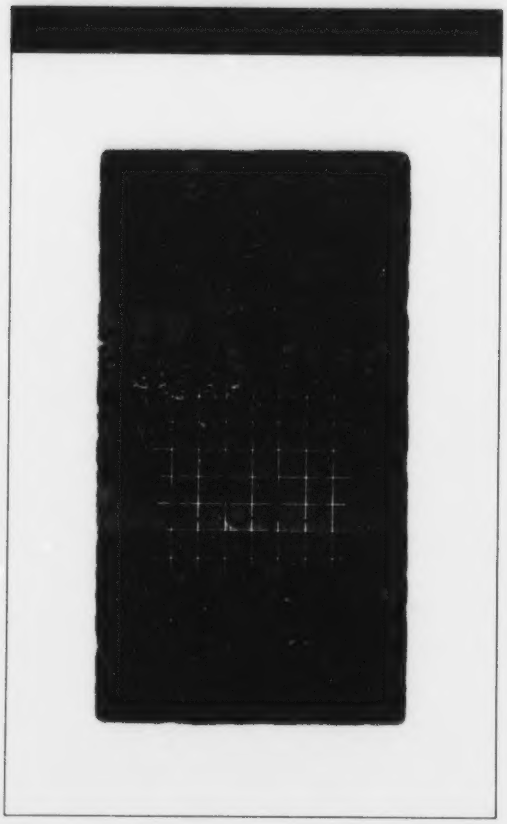
REMERCIEMENTS

Cette étude de cas sur les terres endiguées de la baie de Fundy est le fruit des efforts collectifs de Geoff Howell, Dave Wilson et Marc Sheeran, Bureau régional de l'Atlantique, Environnement Canada (Dartmouth, Nouvelle-Écosse), et de J. Alexander Burnett, rédacteur-pigiste (Sackville, Nouveau-Brunswick). Les auteurs tiennent à remercier Alan Hanson et Al Smith, Service canadien de la faune, Bureau régional de l'Atlantique (Sackville, Nouveau-Brunswick). Peter Eaton (Dartmouth, Nouvelle-Écosse) a coordonné la préparation du manuscrit pour le bureau régional de l'Atlantique d'Environnement Canada.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par Derek Davis, Nova Scotia Museum of Natural History (Halifax), et Jane Roots, Société canadienne pour la conservation de la nature (Toronto). Leurs contributions ont été un précieux atout pour restructurer les versions préliminaires et les fondre en un manuscrit final. D'autres apports ont également été fournis par Mike Langdon, ministère de l'Agriculture de la Nouvelle-Écosse (Truro), et Tony Duke, ministère des Terres et des Forêts de la Nouvelle-Écosse (Kentville).

Sheila McCrindle, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Harry Thurston, avec la collaboration de Susan Burns.



PARTIE IV

ENJEUX ACTUELS

21

GRACIEUSETÉ DE MIKE SCHULTZ, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, l'industrie chimique a pris un essor spectaculaire, qui s'est accompagné d'un rejet croissant de substances artificielles dans l'environnement.

■

Les contaminants toxiques les mieux connus sont sans doute les composés organochlorés, notamment le DDT et les BPC, qui ont été détectés à tous les niveaux de la chaîne alimentaire.

■

Les poissons et les oiseaux — plus particulièrement les œufs d'oiseaux — sont les indicateurs les plus courants de la pollution causée par les contaminants toxiques. La tendance la plus constante observée jusqu'ici a été la diminution considérable des concentrations de DDT et de ses dérivés dans les régions étudiées. Les concentrations de BPC ont aussi diminué dans bien des régions, mais cette baisse n'est pas toujours significative.

■

Des accidents tragiques ont libéré des quantités considérables de produits chimiques dangereux dans l'environnement; encore maintenant, des rejets peut-être moins spectaculaires mais tout aussi graves accompagnent la fabrication, l'utilisation et l'élimination des produits chimiques.

■

Pour la plupart des êtres humains, la plus importante voie d'exposition aux produits toxiques passe sans doute par les aliments. Les autochtones et les personnes consommant beaucoup de poisson et de gibier à plume seraient plus exposés que les autres groupes de la population en raison des produits toxiques qui, par bioconcentration, ont pu atteindre des concentrations dangereuses dans ce type d'aliments.

■

La plupart des Canadiens seraient maintenant moins exposés aux contaminants toxiques que durant les années 1960 et 1970. Toutefois, bon nombre des contaminants qui ont retenu l'attention ces dernières années sont toujours présents dans l'environnement et pourraient continuer encore longtemps de menacer la santé des animaux et la nôtre.

■

La notion de gestion intégrale des produits chimiques toxiques a beaucoup influé sur la réglementation et les initiatives privées visant à réduire les rejets de ces produits. En vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, on a dressé une liste des substances d'intérêt prioritaire qu'il est le plus urgent d'évaluer. L'évaluation des 44 produits inscrits doit être achevée d'ici 1994.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 21-4

La nature des produits chimiques toxiques 21-5
Les mécanismes de la microtoxicité 21-6
La pointe de l'iceberg? 21-7

Les produits chimiques toxiques dans l'environnement 21-8
Les sources 21-8
La dispersion 21-9
L'accumulation et la remise en suspension 21-10
L'exposition 21-11

Les tendances 21-12

L'évaluation du risque 21-15
Quand une substance est-elle toxique? 21-15
Les perceptions 21-16

La gestion des produits toxiques 21-18

Un cadre pour la gestion intégrale des produits chimiques toxiques 21-19
La recherche et le développement 21-20
Le dossier de commercialisation 21-21
La fabrication 21-21
Le transport 21-21
La distribution 21-21
L'utilisation 21-22
L'élimination 21-22
La réduction, la réutilisation et le recyclage 21-23
L'incinération et la mise en décharge 21-23
La décontamination des sites industriels 21-23

Les responsabilités : gérer les produits chimiques et changer les attitudes 21-24

Ouvrages cités 21-24

Pour de plus amples renseignements 21-25

Remerciements 21-25

Liste des encadrés

21.1 Les grandes dates des tragédies et accidents causés par des produits chimiques toxiques . . . 21-5
21.2 Les pesticides organochlorés . . . 21-7
21.3 Les biphényles polychlorés . . . 21-8
21.4 Les dioxines et les furanes . . . 21-9
21.5 Les métaux lourds . . . 21-10
21.6 Les hydrocarbures . . . 21-11
21.7 La liste des substances d'intérêt prioritaire . . . 21-18
21.8 L'autodiscipline dans l'industrie chimique . . . 21-20

Liste des figures

21.1 Bioconcentration des polluants toxiques dans la chaîne alimentaire . . . 21-6
21.2 Composés organochlorés présents dans une chaîne alimentaire du Pacifique Nord . . . 21-6
21.3 Changements dans la teneur en contaminant des œufs frais des fous de Bassan de l'île Bonaventure, dans le golfe du Saint-Laurent, 1969–1984 . . . 21-13
21.4 Changements dans la teneur en contaminant des œufs d'oiseaux de mer se reproduisant dans le détroit de Georgie, 1970–1985 . . . 21-14
21.5 Concentrations moyennes de mercure chez le doré du lac Sainte-Claire, 1970–1989 . . . 21-15
21.6 Concentrations de dioxine (2,3,7,8-TCDD) dans les œufs du goéland argenté . . . 21-16
21.7 Concentrations moyennes de la dibenzodioxine polychlorée la plus toxique (2,3,7,8-TCDD) chez le touladi du lac Ontario, 1977–1987 . . . 21-17
21.E1 Répartition des rejets de plomb au Canada, 1978–1995 . . . 21-11

Liste des tableaux

21.1 Dose létale médiane de la 2,3,7,8-TCDD pour diverses espèces . . . 21-17
21.2 Répartition provinciale de la production de déchets dangereux au Canada, 1986 . . . 21-22

> **« La rapidité actuelle des changements, la vitesse avec laquelle se créent des situations nouvelles, correspondent plus au pas de l'homme, impétueux et irréfléchi, qu'à l'allure pondérée de la nature... Les produits chimiques auxquels la vie doit s'adapter ne sont plus seulement le calcium, la silice, le cuivre, les minéraux arrachés aux roches par les eaux et transportés par les fleuves jusqu'à la mer; ce sont aussi les produits de synthèse imaginés par l'esprit inventif de l'homme, fabriqués dans ses laboratoires, et sans équivalents naturels. »**
>
> Rachel Carson, 1968

INTRODUCTION

En 1948, le chimiste suisse Paul Müller recevait le prix Nobel pour la découverte des propriétés insecticides du DDT. On soulignait ainsi l'un des plus grands progrès médicaux de notre époque. En effet, le DDT devait réduire radicalement l'incidence de maladies mortelles comme le paludisme, la fièvre jaune et le typhus en détruisant les insectes vecteurs. Utilisé pour la protection des cultures et des arbres contre les insectes ravageurs, il annonçait pour les agriculteurs et les forestiers une époque de productivité et de sécurité inégalées. On venait de découvrir, semblait-il, un produit miracle, une arme précieuse contre le double fléau de la maladie et de la famine.

Cependant, en l'espace d'une dizaine d'années, les preuves de la nocivité du DDT ont commencé à s'accumuler : ce produit était dangereux non seulement pour les insectes, mais aussi pour beaucoup d'autres êtres vivants. Dans les régions où il avait été très utilisé, on observait des difformités et des échecs de la reproduction chez les poissons et les oiseaux. Plus tard, les études ont laissé entendre qu'il pouvait aussi être la cause de certains troubles de santé chez les humains. Avec la parution du livre de Rachel Carson, *Printemps silencieux*, en 1968 (1962 pour la version originale anglaise), l'innocuité du DDT est devenue une question d'intérêt public. Au début des années 1970, ayant obtenu la preuve claire et irréfutable de son danger, on l'a partiellement ou complètement interdit dans bon nombre de pays, dont le Canada.

Le DDT est un exemple classique du dilemme des produits chimiques, à la fois très salutaires et très dangereux. En cherchant à en tirer de nombreux avantages, on risque par inadvertance de faire grand tort à l'environnement et à la santé. Or le mode de vie des Canadiens dépend énormément des produits chimiques : le problème consiste à profiter de ceux-ci tout en évitant leurs conséquences néfastes ou, du moins, en réduisant le risque de ces conséquences à un niveau acceptable. La gestion éclairée des produits chimiques est une clé de la solution à ce problème.

Les avantages que nous procurent les produits chimiques sont très nombreux et impressionnants. La chimie moderne a sauvé des vies, soulagé des souffrances, chassé le spectre de la famine, augmenté la productivité et beaucoup facilité la vie de tous les jours, sans compter qu'elle en a rehaussé considérablement la qualité. Médicaments, pesticides, engrais, agents de conservation, explosifs, produits photographiques, fibres synthétiques, détergents domestiques, plastiques, adhésifs miracles, cosmétiques, tous ces produits et des milliers d'autres, de l'indispensable au superflu, sont chimiques. De fait, les produits chimiques sont présents dans presque toutes les branches de l'industrie et dans pratiquement tous les foyers du pays : on ne saurait donc en exagérer ni l'importance ni l'omniprésence.

Depuis ses débuts au XIX^{e} siècle, l'industrie chimique est un secteur clé de l'économie de la plupart des pays industrialisés occidentaux; après la Deuxième Guerre mondiale, toutefois, elle a pris un essor spectaculaire. Au Canada, elle se place au cinquième rang des secteurs de fabrication. En 1988, la valeur de ses expéditions totalisait 21,9 milliards de dollars, soit 7,5 % de l'ensemble des produits manufacturés (Association canadienne des fabricants de produits chimiques, 1990*a*).

Malgré tout, les états de service des produits chimiques ont été ternis, surtout depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale, par des manifestations de plus en plus nombreuses des dangers qu'ils présentent. Bien souvent, ces manifestations ont pris une allure tragique : le village japonais de Minamata, décimé par les intoxications par le mercure dans les années 1950; la multiplication des malformations congénitales causées par la thalidomide dans les années 1960; et, en Inde, la mort de plus de 4 000 personnes à Bhopal en 1984, résultat d'une fuite industrielle de méthyl-isocyanate (voir l'encadré 21.1). En même temps, la mortalité, les échecs de la reproduction et les mutations qui s'observaient chez les animaux sauvages attiraient également l'attention du public sur le problème, plus subtil, de l'omnipré-

sence et de la rémanence de polluants toxiques à de faibles concentrations dans l'environnement.

Bien entendu, les produits chimiques peuvent exercer de nombreux effets sur l'environnement si l'on ignore leurs propriétés dangereuses ou que l'on néglige d'en tenir compte. Dans le présent chapitre, il est question uniquement des produits chimiques toxiques, c'est-à-dire des substances qui agissent comme poisons, causant la mort ou des lésions chez les êtres vivants qui y sont exposés directement, ou provoquant des cancers, des lésions, des mutations, des malformations congénitales ou d'autres atteintes par suite d'une exposition chronique. La nature et les effets des produits chimiques toxiques sont décrits ici, de même que les moyens de réduire au minimum les dangers de ces substances grâce à une gestion efficace.

LA NATURE DES PRODUITS CHIMIQUES TOXIQUES

Le problème posé par les produits chimiques toxiques n'est pas nouveau. De fait, des poisons très puissants comme les cyanures et le chlore sont employés dans l'industrie depuis le XIX[e] siècle. Ce sont deux exemples classiques : leur toxicité est immédiate et directe, et une brève exposition à une forte dose suffit à provoquer sur le coup des lésions ou la mort. Toutefois, comme leur effet est manifeste, leur gestion est relativement simple puisqu'une extrême prudence s'impose.

Il y a 30 à 40 ans, toutefois, le problème a pris une tournure inquiétante lorsque de nombreux produits chimiques — dont certains avaient été jusque là considérés comme relativement inoffensifs — se sont révélés toxiques à d'infimes doses, si l'exposition était assez longue. Dans certains cas, des doses quotidiennes d'à peine quelques parties par milliard, voire par mille milliards, pouvaient avoir des effets nocifs à long terme. Comme la concentration de ces substances dans

ENCADRÉ 21.1

Les grandes dates des tragédies et accidents causés par des produits chimiques toxiques

1956	Intoxication généralisée des habitants du village japonais de Minamata par le mercure. Dans les 20 années qui ont suivi, on a signalé 107 décès et plusieurs centaines de cas d'effets sublétaux graves tels que des lésions cérébrales et des malformations congénitales. L'intoxication était due à la consommation de poissons et de fruits de mer contaminés par les effluents chargés de mercure d'une usine de produits chimiques de la région.
Années 1960	La thalidomide prescrite aux femmes enceintes est retirée du marché dans plusieurs pays après que l'on eut constaté le pouvoir tératogène du médicament.
1968	Nombreuses intoxications à Yusho, au Japon, par de l'huile de cuisson contaminée par des BPC, des furanes et des quaterphényles polychlorés. Les victimes présentent divers symptômes : acné chlorique, épaississement et rugosité de la peau des mains et des pieds, noircissement des ongles et des gencives, enflure et inflammation des paupières, moiteur des paumes et atteintes sensorielles (faiblesse, démangeaisons et déficiences auditives et visuelles, notamment). La plupart des effets, pas tous cependant, ont disparu au bout de 10 ans.
Début des années 1970	Une maladie mystérieuse frappe trois écuries de chevaux de randonnée dans le centre et l'est du Missouri. Avant que l'épidémie ne se résorbe, plus de 60 chevaux meurent, un enfant de six ans doit être hospitalisé et plusieurs adultes tombent malades. Des douzaines d'animaux familiers et des centaines d'oiseaux sont tués. Après trois années d'enquêtes, on découvre que l'épidémie a été causée par un réservoir de déchets industriels contaminés par de la 2,3,7,8-TCDD, du trichlorophénol et des BPC. On s'était servi d'huile de ce réservoir pour abattre la poussière dans plusieurs manèges et écuries, ainsi que dans des terrains de stationnement et des rues. En 1982, les 2 400 résidants de Times Beach, l'une des localités touchées, abandonnent la ville après qu'on y eut détecté des concentrations dangereuses de dioxines dans le sol et les rues.
1976	Par suite d'une explosion dans une usine de produits chimiques à Seveso, en Italie, la ville reçoit une pluie de dioxines et de furanes qui tue des milliers d'oiseaux et de petits animaux. Chez les gens, on observe surtout des symptômes d'acné chlorique (190 cas).
1978	L'état d'urgence est déclaré près de Niagara Falls, dans l'état de New York, lorsqu'on s'aperçoit que des produits très toxiques s'échappent de la décharge de Love Canal, à proximité, et s'infiltrent jusque que dans les zones d'habitation. Il faudra finalement évacuer 1 030 familles.
1979	De l'huile de cuisson contaminée par des BPC, des furanes et des quaterphényles polychlorés cause de nouveau des intoxications généralisées, cette fois à Yu-Cheng (Taiwan). Les effets observés sont semblables à ceux de 1968 au Japon. On note une augmentation de la mortalité infantile ainsi que des retards et des déficiences du développement mental des enfants dont la mère avait été exposé pendant la grossesse.
1979	À cause des rejets de mercure d'une usine de pâtes et papiers, il faut fermer des zones de pêche commerciale et sportive dans le bassin des rivières Wabigoon–English, dans le nord de l'Ontario, ce qui fait beaucoup de tort à l'économie et à la stabilité sociale des bandes amérindiennes locales.
1979	Du chlore s'échappant de wagons-citernes endommagés force l'évacuation de 200 000 personnes après le déraillement d'un train transportant des produits toxiques à Mississauga, en Ontario.
1984	Le rejet accidentel de méthyl-isocyanate par une usine de produits chimiques, à Bhopal, en Inde, tue 4 000 personnes et cause des affections persistantes et débilitantes chez des milliers d'autres.
1988	L'incendie d'un entrepôt de BPC entraîne l'évacuation des habitants de Saint-Basile-le-Grand, près de Montréal.

FIGURE 21.1

Bioconcentration des polluants toxiques dans la chaîne alimentaire

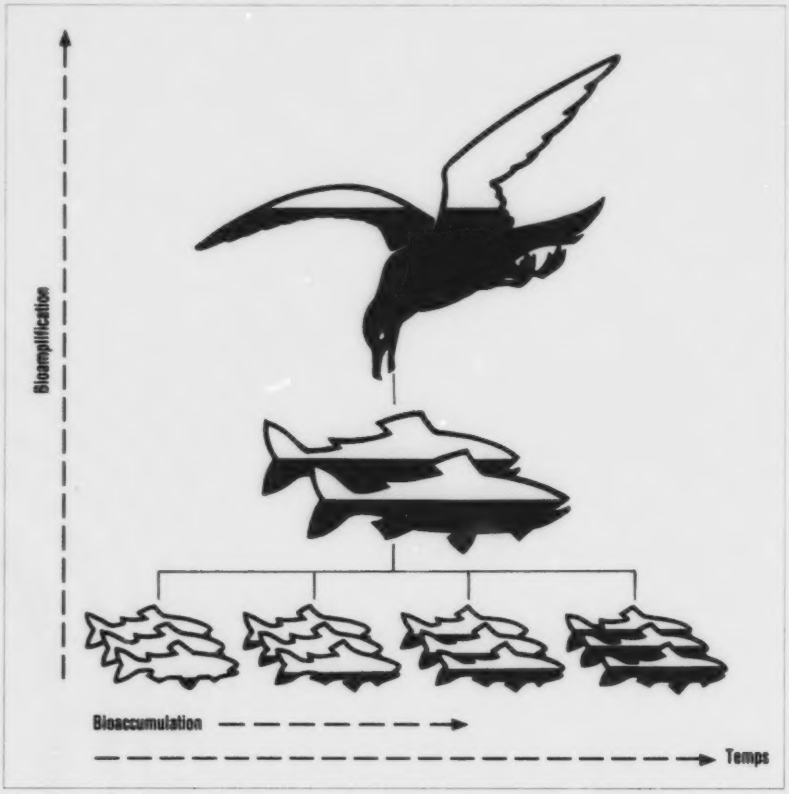
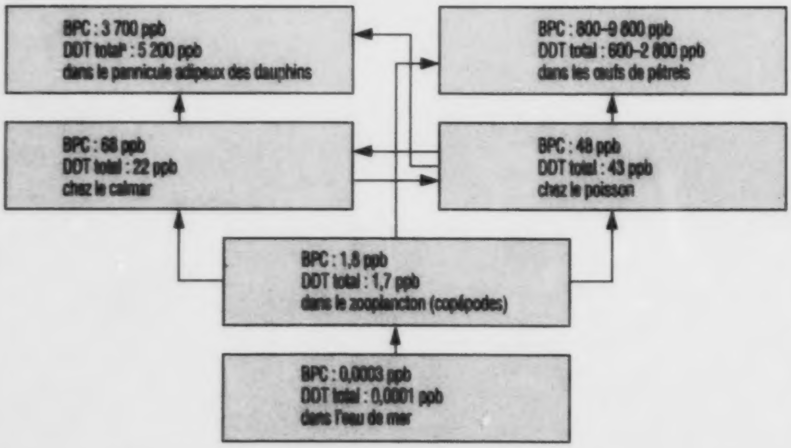


FIGURE 21.2

Composés organochlorés présents dans une chaîne alimentaire du Pacifique Nord



[a] DDT total = DDD + DDE + DDT.

Source : Noble, 1990, d'après des données de Tanabe et collab., 1984, et de Noble et Elliott, 1986.

l'environnement a tendance à être extrêmement faible par rapport à celle d'autres polluants, on les appelle souvent microcontaminants.

La grande famille des composés organochlorés, dont le DDT et les BPC sont peut-être les membres les mieux connus, est un bon exemple de ce genre de produits. Les composés organochlorés ont été d'un usage très répandu comme pesticides et dans toutes sortes d'applications industrielles, particulièrement dans les années 1950 et 1960. Même s'il n'en a subsisté que des traces dans l'air et dans l'eau, ils ont eu de lourdes conséquences sur de nombreuses espèces, particulièrement chez les oiseaux prédateurs, leurs effets allant de la mort aux échecs de la reproduction et aux anomalies génétiques. En outre, par suite d'accidents où des humains ou des animaux ont été exposés à des doses élevées, on s'est aperçu qu'ils constituent un grand risque pour la santé.

En plus des composés organochlorés, toute une variété d'autres groupes chimiques sont des microcontaminants toxiques. Les métaux lourds, comme le plomb et le mercure, se distinguent à cet égard, tout comme certains hydrocarbures, notamment les HAP et les composés organiques volatils. On trouvera dans les encadrés 21.2 à 21.6 des renseignements sur divers grands groupes de produits chimiques toxiques.

Les mécanismes de la microtoxicité

Comment des quantités infimes de substances toxiques peuvent-elles exercer des effets aussi terribles? C'est que ces substances, outre leur toxicité intrinsèque, possèdent souvent des propriétés qui, à la longue, accroissent beaucoup leur nocivité.

La stabilité chimique est l'une des plus importantes de ces propriétés. Elle permet aux substances toxiques de persister dans l'environnement sans se décomposer en sous-produits moins dangereux. Absorbées ou ingérées par un être vivant, beaucoup de ces substances (quoique pas toutes) s'accumulent dans ses tissus. Les composés organochlorés, par exemple, s'accumu-

lent surtout dans les graisses parce qu'ils sont très liposolubles. Par ce processus de bioaccumulation, la concentration des contaminants dans l'organisme peut graduellement s'élever jusqu'à devenir dangereuse.

Les contaminants accumulés dans un organisme sont transmis au prédateur de ce dernier. C'est la bioamplification. En effet, plus on monte dans la chaîne alimentaire, plus la concentration des contaminants s'élève. Les deux processus — bioaccumulation et bioamplification —, que l'on regroupe parfois sous le terme bioconcentration, augmentent considérablement la concentration des contaminants dans les tissus vivants (figure 21.1).

Dans les chaînes alimentaires marines, par exemple, les contaminants sont relativement peu concentrés dans le zooplancton, qui sont au bas de la chaîne; ils le sont davantage, cependant, dans les tissus des poissons qui s'en nourrissent. Chez les oiseaux et les mammifères marins, comme le dauphin, qui mangent ces poissons, la concentration des contaminants est encore plus élevée. Ainsi, même si le DDT peut à peine être détecté dans l'eau de mer, il peut se trouver à des concentrations plusieurs millions de fois supérieures dans les tissus des oiseaux de mer d'un niveau trophique élevé, à cause des effets conjugués de la bioaccumulation et de la bioamplification (figure 21.2).

Le métabolisme des contaminants diffère selon les espèces, et il en va de même de leur accumulation dans les tissus. Les composés organochlorés, par exemple, ne semblent pas s'accumuler autant chez les moules et les crustacés que chez les poissons. Par contre, les bélugas accumulent des concentrations très élevées de ces composés. Dans le pannicule adipeux des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent, les concentrations de BPC atteignaient 65 000 ppb et celles de DDT, 70 000–100 000 ppb, tandis que chez les oiseaux de mer de la même région, qui occupent un niveau trophique similaire, ces concentrations s'élevaient à 5 000–25 000 ppb et à 1 000–10 000 ppb respectivement (Masse et collab., 1986; Noble et Elliott, 1986).

Les pesticides organochlorés

Introduits au Canada durant les années 1940, les pesticides organochlorés ont été très utilisés dans les années 1950 et 1960 contre les ravageurs des cultures et des forêts. Le DDT est le mieux connu du groupe, qui comprend notamment la dieldrine, l'heptachlore, le chlordane, l'hexachlorocyclohexane, le mirex et le toxaphène, de même que l'hexachlorobenzène, un fongicide. La plupart de ces produits sont très rémanents.

Durant les années 1960, on a constaté que l'exposition chronique des oiseaux et d'autres espèces sauvages à des résidus de pesticides organochlorés jouait un rôle déterminant dans l'amincissement des coquilles d'œufs, les échecs de la reproduction et la diminution des effectifs. Ces effets et la crainte d'un danger possible pour la santé humaine ont entraîné des restrictions rigoureuses de l'utilisation de ces produits et l'interdiction de certains d'entre eux durant les années 1970 et 1980.

En 1990, un petit nombre seulement de ces pesticides étaient homologués au Canada, notamment le méthoxychlore, l'endosulfan, le lindane, le chlordane, l'heptachlore et le dicofol. Le chlordane, employé contre les termites, est le plus rémanent de ces produits. Seuls les exploitants détenteurs d'un permis provincial sont autorisés à l'utiliser. L'heptachlore n'est utilisé que dans les pépinières. Quant au méthoxychlore, à l'endosulfan et au lindane, ils sont relativement peu rémanents.

En Amérique du Nord et en Europe occidentale, les pesticides organochlorés ont été en grande partie remplacés par des pesticides organophosphorés et des pyréthroïdes de synthèse, qui sont moins rémanents; ils sont toujours employés dans bon nombre de pays en développement. Néanmoins, à l'échelle mondiale, ils ont récemment connu un recul. Dernièrement, les travaux visant à limiter l'utilisation des pesticides chimiques ont surtout porté sur la mise au point de pesticides microbiens, comme *Bacillus thuringiensis* (voir le chapitre 10).

Certaines substances sont transformées dans l'environnement en molécules beaucoup plus actives, sur le plan biologique, ou qui passent plus facilement dans la chaîne alimentaire. Le mercure liquide, par exemple, est relativement inoffensif pour les organismes supérieurs parce qu'il n'est pas absorbé par leur système digestif. Toutefois, s'il est transformé sous l'action de bactéries en une forme organique comme le méthylmercure, il est facilement absorbé et, devenu chimiquement stable, il s'accumule dans les tissus, sa concentration augmentant à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire. De même, la plupart des effets nocifs du DDT sont en fait imputables au DDE, l'un des principaux produits de sa dégradation.

Certaines substances, inoffensives quand elles sont prises isolément, peuvent nuire à la santé ou à l'environnement par la conjugaison de leurs effets. Elles sont synergiques : autrement dit, leurs effets combinés sont plus grands que la somme de leurs effets individuels. Vu la multitude des substances auxquelles sont exposés les organismes d'un milieu pollué, les synergies sont loin d'être improbables.

La pointe de l'iceberg?

Jusqu'ici, le public ne s'est ému que d'un nombre relativement modeste de produits chimiques toxiques, quelques centaines au plus, dont une bonne partie sont très semblables et appartiennent à un petit nombre de familles chimiques. Il s'utilise néanmoins plus de 35 000 produits chimiques dans l'industrie canadienne et presque le double dans le monde. Il est impossible de dire exactement combien d'entre eux menacent gravement l'environnement ou la santé. Comme les effets de certains produits nous ont souvent pris au dépourvu, l'avenir pourrait nous réserver d'autres surprises désagréables.

[illegible] 21.3

Les biphényles polychlorés

Polyvalents et très stables, les BPC ont trouvé toutes sortes d'applications depuis 1929. Au Canada, ils ont surtout été employés comme isolants et frigorigènes dans les transformateurs et les condensateurs électriques. Les BPC étant confinés dans ces deux applications, ils ne pénètrent dans l'environnement qu'en cas de fuite ou de déversement accidentel. On s'est aussi servi de BPC dans la fabrication de divers produits tels que les revêtements de murs, les peintures et les pesticides, applications qui favorisent leur libération dans l'environnement. Les BPC sont extrêmement persistants, se dispersent facilement et s'accumulent rapidement dans la chaîne alimentaire : une fois dans l'environnement, ils sont difficiles à déloger.

On a relié l'exposition prolongée à une forte dose de BPC, comme à Yusho en 1968, à un certain nombre d'effets dont le plus commun est l'acné chlorique, une affection cutanée persistante. Parmi les autres effets observés, on compte des écoulements oculaires, une enflure des paupières supérieures, l'hyperpigmentation des ongles et de la peau, un engourdissement des membres, la faiblesse, des spasmes musculaires, la bronchite chronique, un poids moins élevé à la naissance et une réduction du périmètre crânien chez le nouveau-né. Ce type d'exposition pourrait être corrélé au cancer du foie.

Selon des études portant sur des enfants dont la mère avait consommé régulièrement du poisson contaminé par des BPC pendant la grossesse, l'exposition à long terme des fœtus à de faibles doses de BPC pourrait mener à de légers retards du développement mental.

On connaît plus de 200 BPC; la plupart des préparations industrielles sont des mélanges complexes d'un grand nombre de BPC. La toxicité de chacun de ces derniers varie considérablement. On sait que les BPC renferment des furanes, qui sont toxiques à de très faibles concentrations.

En 1977, on a interdit au Canada la fabrication et l'importation des BPC, de même que leur utilisation dans la plupart des applications non électriques, mais quelque 25 000 t de ces produits sont encore utilisées ou en entreposage. On estime en outre que, au fil des ans, il s'en est échappé 15 000 t dans l'environnement, principalement parce que l'élimination n'a pas été adéquate, surtout dans les décharges. Un programme est actuellement mis en œuvre pour détruire ce qu'il reste par incinération à haute température. Toutefois, comme les BPC maintenant présents dans l'environnement y resteront encore de nombreuses années, Santé et Bien-être social Canada a fixé des limites d'exposition concernant divers aliments et continue de surveiller les concentrations de BPC dans l'air et dans l'eau ainsi que dans certains aliments.

Par surcroît, la majorité des produits chimiques actuels sont obtenus par synthèse. Certes, les substances toxiques peuvent être d'origine aussi bien naturelle que synthétique; il existe toutefois dans la nature des mécanismes d'équilibre et de régulation qui limitent les effets des toxines. Le venin de cobra, par exemple, peut être mortel pour les humains, mais il ne pose pas une menace écologique. En général, les substances toxiques naturelles ne perturbent les processus écologiques que si elles atteignent une concentration anormalement élevée ou si leur forme est altérée. Les produits de synthèse, par contre, sont inédits pour la nature. Ils peuvent être réfractaires aux nombreux cycles de décomposition et de régénération qui assurent l'équilibre des substances naturelles. En outre, il se peut que les êtres vivants soient incapables de s'adapter à ces nouvelles molécules parce qu'ils ne possèdent pas les mécanismes qui leur permettraient de se soustraire à leurs effets. La libération de substances de synthèse dans l'environnement présente donc des risques que l'on ne saurait prendre à la légère.

LES PRODUITS CHIMIQUES TOXIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT

Une fois présents dans l'environnement, les produits chimiques toxiques peuvent être difficiles à éliminer. Comme ils sont habituellement libérés de sources très diverses, loin desquelles ils sont facilement dispersés, la contamination est souvent très étendue. En outre, les produits rémanents sont difficilement éliminés ou dégradés, que ce soit par les processus naturels ou artificiels : une fois dans l'environnement, ils y restent généralement longtemps.

Les sources

Les produits chimiques toxiques peuvent pénétrer dans l'atmosphère de bien des façons. Les usines, les centrales électriques, les incinérateurs et les fonderies rejettent du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone et divers autres produits de combustion de même que des hydrocarbures et, parfois avec ces composés, d'autres produits toxiques tels que les métaux lourds, les dioxines et les furanes. Les carburants sont une autre grande source de polluants atmosphériques, notamment de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures, de plomb (là où l'on utilise encore de l'essence au plomb) ainsi que d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils qui contribuent à la formation de l'ozone de la basse troposphère. Les pesticides et les herbicides, habituellement utilisés en pulvérisation, pénètrent assez facilement dans l'atmosphère. Souvent, des substances volatiles telles que les peintures, les solvants et les combustibles y sont libérées par évaporation. Enfin, les rejets accidentels, petits ou grands, viennent ajouter au mélange de produits chimiques toxiques présents dans l'atmosphère.

Souvent, dans les régions fortement peuplées, des produits sont rejetés dans l'eau par diverses sources ponctuelles telles que les émissaires d'effluents industriels et les égouts domestiques et

pluviaux. Dans bien des cas, les égouts domestiques sont chargés d'effluents industriels. En Ontario, par exemple, quelque 300 usines évacuent leurs rejets directement dans des rivières et des lacs, mais au moins 12 000 autres les envoient à l'usine d'épuration des eaux urbaines, qui n'est pas en mesure de les détoxiquer. On estime donc que les eaux de l'Ontario sont polluées autant par les effluents des usines d'épuration que par les rejets industriels qui y sont directement déversés (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1986, 1991). Ces rejets sont dangereux pour l'environnement, non seulement par leur volume, mais aussi par les quantités appréciables de presque tous les produits chimiques synthétiques qu'ils renferment.

Les sources non ponctuelles, comme le ruissellement de l'eau de pluie, viennent aussi grossir la charge polluante des ressources hydriques du Canada. Des pesticides ainsi que des polluants chimiques atmosphériques retombés au sol sont régulièrement entraînés de la sorte jusqu'aux rivières et aux lacs. Par surcroît, une quantité importante de substances toxiques peut passer directement de l'atmosphère aux masses d'eau, surtout celles de grande étendue. Telle est l'origine de plus de 90 % des BPC, du DDT et du plomb du lac Supérieur, par exemple (Strachan et Eisenreich, 1988).

Les dépotoirs et les décharges de déchets dangereux peuvent aussi laisser fuir des substances toxiques qui, en s'infiltrant jusqu'aux nappes d'eau souterraines, entraînent une contamination grave. On connaît bien le cas de la rivière Niagara : ce cours d'eau a été fortement pollué par les fuites des dépôts américains de déchets dangereux. On estime que 315 kg de produits toxiques pénètrent chaque jour dans la Niagara à partir de plusieurs grandes décharges américaines situées à moins de 5 km de la rivière (Gouvernement du Canada, 1991).

Les fuites de déchets dangereux peuvent aussi polluer le sol. C'est ce qui s'est produit en 1978 à Love Canal, l'une des décharges de la région de Niagara, où des solvants industriels, des pesticides et d'autres produits toxiques se sont infiltrés dans le sol d'un quartier domiciliaire, entraînant finalement l'évacuation de 1 030 foyers.

Les Grands Lacs sont au cœur d'une grande partie des préoccupations entourant la contamination du milieu par les produits toxiques (voir le chapitre 18). On dénombre, dans le bassin hydrographique des Grands Lacs, quelque 36 millions d'habitants, 28 villes de plus de 50 000 habitants et plus de 13 000 usines, regroupés pour la plupart dans le sud de la région. À ce degré d'urbanisation et d'industrialisation, il est inévitable que les produits chimiques y soient d'un usage très répandu. D'après la Commission mixte internationale (1987), les Grands Lacs renfermeraient au moins 362 contaminants, y compris des métaux toxiques, des pesticides, des BPC, des matières premières industrielles et des dioxines.

Les dioxines et les furanes

Les dibenzodioxines polychlorées (PCDD) et les dibenzofuranes polychlorés (PCDF) sont des sous-produits et des contaminants des composés organochlorés. Au Canada, leurs principales sources sont les agents de traitement du bois à base de chlorophénols, les herbicides à base de phénoxyacides, les effluents des usines de pâtes et papiers utilisant un procédé de blanchiment au chlore, la fumée de tabac et les anciens incinérateurs municipaux et autres installations où la combustion est incomplète. Les furanes sont également des contaminants des BPC.

On connaît 75 variétés de dioxines et 135 variétés de furanes. Leur toxicité varie considérablement et peut être très élevée parfois. La dioxine la plus puissante, la 2,3,7,8-TCDD, peut exercer chez le rat, à la concentration de 10 ppt à peine, un effet carcinogène et un effet sur la reproduction.

L'acné chlorique est l'effet le plus courant de l'exposition à une dose élevée de dioxines et de furanes. D'autres symptômes peuvent apparaître, notamment l'épaississement et le changement de coloration de la peau, l'affaiblissement du système immunitaire, des lésions au foie ainsi que des atteintes sensorielles et comportementales. Chez les mammifères exposés de façon prolongée à une faible dose, on observe beaucoup de ces symptômes en plus du cancer, d'effets sur la reproduction et de malformations congénitales. La 2,3,7,8-TCDD est un carcinogène extrêmement puissant chez les animaux, mais les études épidémiologiques portant sur des groupes humains n'ont rien révélé de concluant à ce sujet. Dans ces travaux, toutefois, la tâche était d'autant plus complexe qu'il était difficile de séparer les effets des dioxines et des furanes de ceux d'autres produits chimiques.

Les dioxines et les furanes ont été déclarés toxiques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Même si les Canadiens ne sont exposés qu'à de très faibles concentrations, on s'applique néanmoins à réduire les rejets des usines de pâtes et papiers qui utilisent un procédé de blanchiment au chlore et ceux des incinérateurs vétustes. Les produits chimiques libérant des dioxines et des furanes, comme les BPC et les chlorophénols, sont rigoureusement réglementés; par ailleurs, les changements apportés aux procédés de fabrication des chlorophénols et des herbicides à base de phénoxyacides se sont traduits par une baisse de la libération de ces impuretés durant la production et l'utilisation de ces produits.

La dispersion

Les produits chimiques toxiques peuvent être transportés sur de grandes distances par les vents et les courants ainsi que par les organismes qui les ont absorbés. S'ils sont très persistants, ils peuvent se retrouver très loin de leur source et s'accumuler, parfois en concentrations dangereuses, même dans des régions très éloignées de toute source importante. Ainsi, les tissus d'animaux de l'Arctique canadien contiennent des traces de BPC et de

[illegible]

Les métaux lourds

Sous certaines formes et en concentration suffisante, les métaux lourds comme le cadmium, le plomb, l'étain et le mercure peuvent être toxiques. La concentration naturelle de ces métaux est habituellement trop basse pour qu'ils puissent causer beaucoup de dommages biologiques, mais les activités humaines ont eu pour effet d'augmenter considérablement les risques d'exposition à des concentrations dangereuses. Ces dernières années, on s'est surtout préoccupé des dangers liés au plomb et au mercure.

Le plomb

La libération du plomb dans l'environnement est attribuable à diverses sources : extraction et fusion de minerais et de métaux plombifères, plomberie et soudage au plomb, peintures et glaçures à base de plomb pour céramiques et, enfin, mise en décharge inconsidérée des batteries plomb-zinc. Jusqu'à l'abandon de l'essence au plomb en 1990, les carburants contenant du plomb tétraéthyle étaient, au Canada, les principales sources du plomb d'origine anthropique dans l'environnement (en 1980, leur part était de 60 %).

L'intoxication par le plomb (saturnisme) entraîne l'anémie, des lésions cérébrales et l'insuffisance rénale. Les enfants y sont particulièrement vulnérables.

On réduit les rejets de plomb par l'emploi de techniques antipollution et l'abandon graduel de certaines applications, plus particulièrement dans la fabrication des peintures et des carburants. Avec ces mesures, on s'attend que les rejets annuels de plomb au Canada, qui étaient de plus de 14 000 t en 1978, diminuent à moins de 4 000 t en 1995 (figure 21.E1).

Le mercure

Le mercure et ses composés sont naturellement présents partout dans l'environnement : dans les roches, le sol, les plantes, les tissus des animaux, l'eau et l'air; toutefois, les humains en ont élevé la concentration dans certains lieux et dans certaines parties de l'environnement. Ce métal a été très utilisé en électricité ainsi que dans les thermomètres et les baromètres, les peintures, le traitement des semences végétales, l'industrie chimique et les plombages.

Le mercure est très toxique : l'ingestion d'à peine quelques milligrammes d'un composé organomercurique ou l'inhalation d'air contenant des vapeurs de mercure en concentration élevée sont mortelles. L'exposition prolongée à de faibles doses peut entraîner des lésions neurologiques et rénales ainsi qu'une importante perte de poids. Les foetus sont particulièrement sensibles aux effets de ce métal.

Les composés organomercuriques peuvent aussi inhiber la photosynthèse et la croissance du phytoplancton, et ils ont entraîné la mort et des échecs de la reproduction chez les oiseaux. On trouve ces composés en concentrations élevées dans les tissus des poissons se nourrissant dans des eaux contaminées. Il semble que de nombreux mammifères piscivores soient très sensibles au mercure; c'est le cas notamment du vison, de la martre, de la loutre et du phoque.

Le mercure libéré dans l'environnement provient notamment de la récupération des métaux, de la combustion du charbon, de l'utilisation de la peinture et de la fabrication du chlore et de la soude caustique. Il s'en libère aussi du sol et de la végétation inondés lors de l'aménagement de nouveaux barrages. Depuis le début des années 1970, la quantité de mercure libérée dans l'environnement a considérablement diminué et ce, grâce aux mesures antipollution mises en œuvre et à l'amélioration des procédés industriels, à la réglementation plus rigoureuse des émissions et des effluents, aux mesures prises pour contenir les déchets de mercure des décharges et au remplacement du mercure par des matières de rechange. L'emploi de composés organomercuriques dans le traitement des semences, par exemple, est maintenant interdit; on a abandonné en grande partie les procédés au mercure dans la fabrication du chlore et de la soude caustique, et 16 usines ont d'ailleurs fermé ou ont été converties depuis 1973.

pesticides provenant de très loin vers le sud, de régions industrielles et agricoles fortement peuplées d'Europe, d'Asie et d'Amérique du Nord (Environnement Canada, 1989) (voir le chapitre 15). Bien que la concentration des substances toxiques y soit de beaucoup inférieure à celle que l'on trouve, par exemple, dans le bassin des Grands Lacs, la simple présence de ces matières dans l'Arctique prouve qu'aucune partie du monde n'est à l'abri.

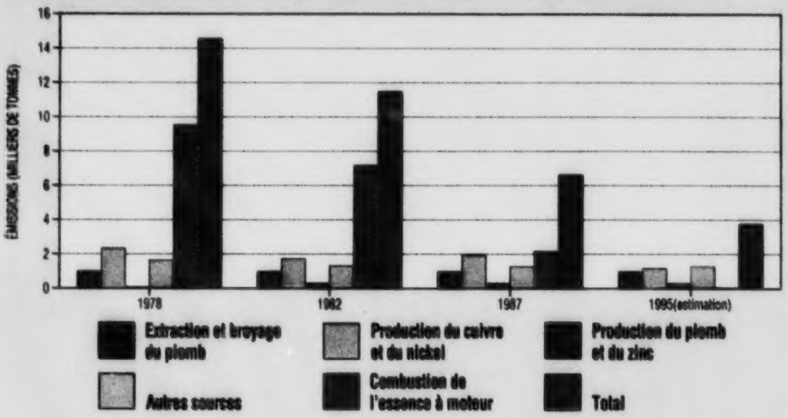
La mobilité des polluants toxiques a une autre conséquence : la pollution locale peut être aggravée par des contaminants venant d'ailleurs. Ainsi, on trouve dans l'estuaire du Saint-Laurent non seulement des polluants associés au transport fluvial et aux activités industrielles et agricoles se déroulant tout le long du fleuve, mais aussi des contaminants provenant du bassin des Grands Lacs, par exemple, le pesticide organochloré mirex.

Cette mobilité a une autre conséquence : la contamination ne peut être réduite aussi efficacement lorsqu'un produit dont l'utilisation est interdite à l'échelle nationale ou régionale continue d'être utilisé ailleurs dans le monde. Ainsi, même si les pesticides à base d'hexachlorocyclohexane — l'un des moins rémanents des composés organochlorés — ont été graduellement abandonnés au Canada dans les années 1970, on en a détecté en concentrations élevées dans les œufs de l'alque à cou blanc du détroit d'Hecate, en Colombie-Britannique, au milieu des années 1980 (Elliott et collab., 1989). On pense que cette substance vient d'Asie, où l'on se sert encore de pesticides qui en contiennent.

L'accumulation et la remise en suspension

Bon nombre de produits chimiques toxiques (composés organochlorés, HAP et métaux lourds) adhèrent facilement aux particules fines, ce qui favorise non seulement leur transport dans l'air et dans l'eau mais aussi leur accumulation dans le sol et dans les sédiments. La sédimentation immobilise les substances toxiques : les composés peu stables peuvent se décomposer en pro-

Répartition des rejets de plomb au Canada, 1978–1995



Source : Hilborn et Still, 1990.

ENCADRÉ 21.8

Les hydrocarbures

Un certain nombre d'hydrocarbures sont toxiques ou réputés toxiques. Les plus redoutables sont le benzène ainsi qu'une grande famille de ses dérivés, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Au Canada, on produit annuellement 700 000 t de benzène, principalement pour la fabrication d'autres produits chimiques. Une partie est libérée dans l'environnement lors de rejets industriels, de déversements accidentels et de fuites des décharges et des réservoirs de stockage. Cependant, l'essentiel de ce qui pénètre dans l'environnement vient de l'utilisation des carburants. La fumée de cigarette et la combustion incomplète dans les incinérateurs municipaux sont également des sources importantes. Les HAP sont essentiellement des sous-produits de la combustion incomplète du carburant diesel et de l'essence à moteur ainsi que du bois et du charbon. Ils font ordinairement partie des suies, du goudron de houille, des distillats et de divers types d'huiles.

Une exposition de courte durée à une dose très élevée de benzène peut être mortelle, mais le produit inquiète surtout par son pouvoir carcinogène et les propriétés irritantes qu'il confère au smog. De même, les HAP sont à redouter parce que certains d'entre eux sont carcinogènes. Chez les poissons des eaux contaminées par des HAP, on observe une incidence accrue de tumeurs au foie et autres organes.

Le benzène et les HAP font partie du premier groupe de produits inscrits sur la liste des substances d'intérêt prioritaire et devant être évalués d'ici 1994.

duits inoffensifs, mais les plus rémanents peuvent demeurer pendant des siècles dans les sédiments. Si ces derniers ne sont pas perturbés, de petites quantités de ces produits peuvent pénétrer dans la colonne d'eau; par contre, s'ils sont fortement remués, habituellement par le dragage, de fortes quantités de substances toxiques peuvent être libérées et s'accumuler dans la chaîne alimentaire ou circuler dans l'eau et dans l'air. Certains produits ainsi immobilisés pourraient rester dangereux longtemps après que leur production a pris fin.

L'exposition

Les humains peuvent être exposés aux produits chimiques toxiques par contact cutané de même que par l'air, les aliments ou l'eau. Les jeunes enfants ont souvent été exposés à ces produits par ingestion de terre contaminée. Pour la plupart des gens, la voie d'exposition la plus importante passe probablement par les aliments, en particulier par le poisson et le gibier à plume chez lesquels la bioconcentration a pu atteindre un point dangereux. Pour les autochtones, les habitants des villages de pêcheurs, les chasseurs et pour tous ceux qui mangent beaucoup de poisson ou de gibier à plume, le risque est plus grand que dans d'autres groupes de la population. Les habitants de certaines régions industrielles risquent également d'être plus exposés aux contaminants atmosphériques. D'après une étude récente sur les habitants du bassin des Grands Lacs, 80 à 90 % des composés organochlorés absorbés proviennent des aliments, 5 à 10 %, de l'air et moins de 1 %, de l'eau (Newhook, 1988; Birmingham et collab., 1989).

Il est arrivé que des travailleurs d'usines fabriquant ou utilisant des produits chimiques toxiques aient été exposés à de fortes concentrations de certains de ces produits. L'apparition de troubles de la santé chez ces travailleurs a souvent été le premier signe de la toxicité des substances en question. Parmi les produits dont la toxicité s'est révélée de cette manière, mentionnons l'amiante, l'arsenic, le mercure, les BPC, le benzène et le chlorure de vinyle.

Au Canada, selon les estimations, 9 % des décès dus au cancer sont d'origine professionnelle (Miller, 1984). Cependant, dans la plupart des grandes industries, on a instauré des programmes complets de surveillance médicale et d'hygiène du travail, et le Canada s'est doté d'un régime réglementaire complexe pour l'évaluation et l'élimination des risques d'exposition professionnelle. Les lésions dues à l'exposition aux produits chimiques ont toujours représenté une part relativement faible de l'ensemble des lésions professionnelles et cette part ne cesse de diminuer (Statistique Canada, dates diverses).

À la maison comme au bureau, l'exposition aux substances toxiques est fré-

quente. Dans les immeubles rendus pratiquement étanches par la pose d'isolant et par d'autres mesures d'économie d'énergie, l'air peut être de piètre qualité. Lors d'une étude récente sur les composés organiques volatils à Toronto, on a mesuré les concentrations de plus de 130 composés; les auteurs ont conclu que l'air intérieur semblait de deux à cinq fois plus pollué que l'air extérieur (Bell et collab., 1991) (voir le chapitre 13).

Les sources courantes de pollution intérieure des locaux comprennent les peintures, les produits de nettoyage, les plastiques, les cosmétiques, les matériaux de construction, les meubles rembourrés, la fumée de cigarette, les aérosols, les solvants et les tissus qui viennent d'être nettoyés à sec. Même la douche peut libérer un peu de chloroforme par suite de la vaporisation d'eau chlorée. Durant les années 1970 et au début des années 1980, on a imputé des irritations des yeux, du nez et de la gorge, des éruptions cutanées ainsi que d'autres symptômes à la mousse isolante d'urée-formaldéhyde (MIUF) des maisons. De plus, les tours à bureaux hermétiques dotées de systèmes de ventilation à circulation interne ont été mis en cause dans divers troubles de santé.

LES TENDANCES

La surveillance des microcontaminants peut être très difficile, en partie parce que les concentrations à mesurer sont souvent extrêmement faibles. Dans l'air et dans l'eau, par exemple, on parle habituellement de parties par milliard ou moins. De fait, ce n'est que depuis le début des années 1980 que les chimistes possèdent les moyens de mesurer des quantités aussi infimes, et les méthodes dignes de confiance sont complexes, longues et coûteuses.

C'est pourquoi les scientifiques préfèrent souvent surveiller les microcontaminants dans les endroits où ils s'accumulent dans l'environnement, c'est-à-dire dans les sédiments et dans les tissus vivants comme les algues, le plancton, les poissons, les oiseaux et d'autres espèces sauvages. Les poissons et les oiseaux sont les indicateurs le plus souvent employés. Comme ils occupent un niveau élevé dans la chaîne alimentaire, les contaminants s'accumulent dans leurs tissus en concentrations plus fortes, donc plus faciles à mesurer que chez les espèces des niveaux inférieurs. Ils apportent aussi certaines indications sur les effets biologiques de ces substances.

L'interprétation des résultats de ces études exige toutefois une certaine prudence. Les oiseaux et les poissons sont des animaux mobiles, souvent migrateurs, tout comme leurs proies. Certains des contaminants trouvés dans leurs tissus pourraient provenir d'ailleurs que des lieux de la capture. En outre, on observe des différences interspécifiques dans la capacité d'absorber les produits chimiques ainsi que dans la réaction à ces derniers. Une forte accumulation et des effets nocifs chez une espèce ne signifient pas qu'il en ira automatiquement de même chez une autre. Quoi qu'il en soit, de tels résultats indiquent que les substances détectées sont actives et qu'il y a lieu de s'en inquiéter.

Les œufs d'oiseaux se sont révélés particulièrement utiles dans la surveillance des contaminants. En effet, étant donné qu'ils sont de grosseur et de composition plus ou moins constantes chez une espèce donnée, on peut facilement comparer des échantillons prélevés en différents endroits. En outre, comme les migrations et le mode d'alimentation des oiseaux employés comme indicateurs sont bien connus, les chercheurs sont en mesure de caractériser les sources de contamination, tant locales qu'éloignées.

Le Service canadien de la faune surveille la teneur en substances chimiques des œufs de certaines espèces d'oiseaux de mer de la côte de l'Atlantique depuis 1968. Un programme semblable a débuté en 1985 sur la côte du Pacifique, où l'on pratiquait déjà des échantillonnages moins systématiques depuis 1970. L'étude continue des polluants présents dans les tissus des poissons et dans les œufs des oiseaux des Grands Lacs remonte à la fin des années 1970. Les données recueillies grâce à ces programmes et à divers autres nous renseignent sur les tendances des contaminants toxiques.

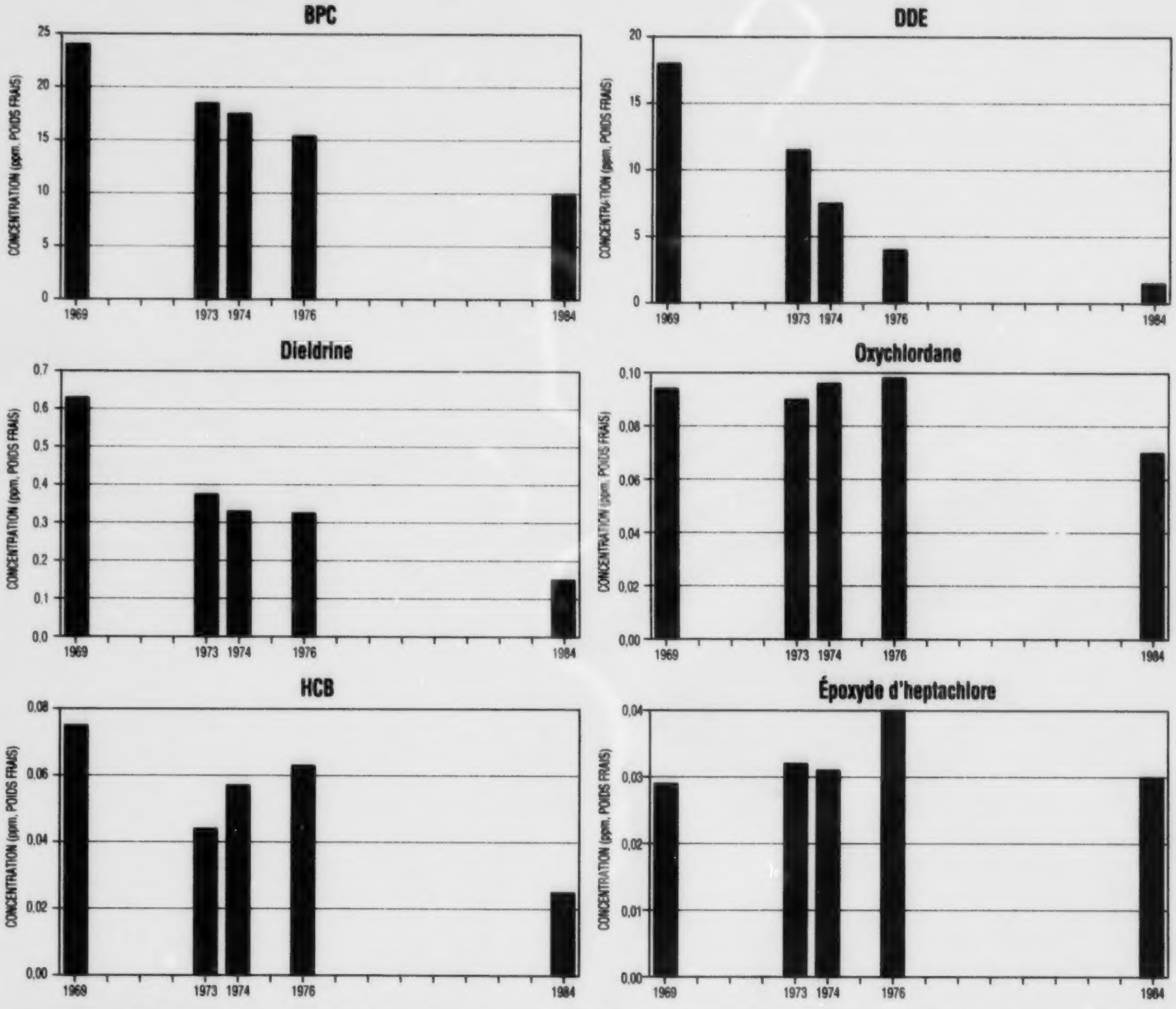
Les composés organochlorés ont été surveillés de près dans un certain nombre d'études. La tendance la plus constante que l'on ait observée est une baisse considérable de la concentration de DDT et de ses dérivés, tels que le DDE, dans toutes les régions étudiées. Les BPC aussi ont diminué dans bien des régions, mais cette baisse n'est pas toujours aussi marquée. Toutefois, pour la plupart des autres composés organochlorés, à savoir le pesticide dieldrine, le fongicide hexachlorobenzène ainsi que les dérivés de pesticides oxychlordane et époxyde d'heptachlore, on note des fluctuations locales considérables et erratiques.

Depuis les années 1970, ces produits font l'objet, au Canada et aux États-Unis, de restrictions de plus en plus rigoureuses, voire d'une interdiction totale dans certains cas, mais ils continuent de pénétrer dans la chaîne alimentaire par diverses voies, notamment par le transport atmosphérique depuis les pays où ils sont encore utilisés, par le lessivage des sols et des décharges de déchets dangereux qui en contiennent, de même que par la remise en suspension de sédiments où ils sont présents. Les figures 21.3 et 21.4 présentent les résultats d'un programme de 15 ans au cours duquel on a relevé les concentrations de BPC et de pesticides organochlorés dans les œufs d'oiseaux de mer en différents points du golfe du Saint-Laurent et du détroit de Georgie. Malgré les différences d'un point à l'autre, ces profils sont assez représentatifs des tendances générales observées dans ces programmes de surveillance.

Les rejets industriels de mercure ont aussi diminué substantiellement avec la cessation graduelle de l'emploi de cet élément dans la fabrication des pâtes et papiers, du chlore et de la soude caustique. Cette réduction s'est traduite par une baisse de la concentration de mercure chez divers poissons. Ainsi la figure 21.5 montre la chute rapide de la concentration moyenne de l'élément chez le doré du lac Sainte-Claire au début des années 1970. Après s'être stabilisée à la fin des années 1970, la concentration a continué de baisser au cours des années 1980, pour se stabiliser au quart de ce qu'elle était dans les

FIGURE 21.3

Changements dans la teneur en contaminant des œufs frais des fous de Bassan de l'île Bonaventure, dans le golfe du Saint-Laurent, 1969–1984



Source : Noble, 1990.

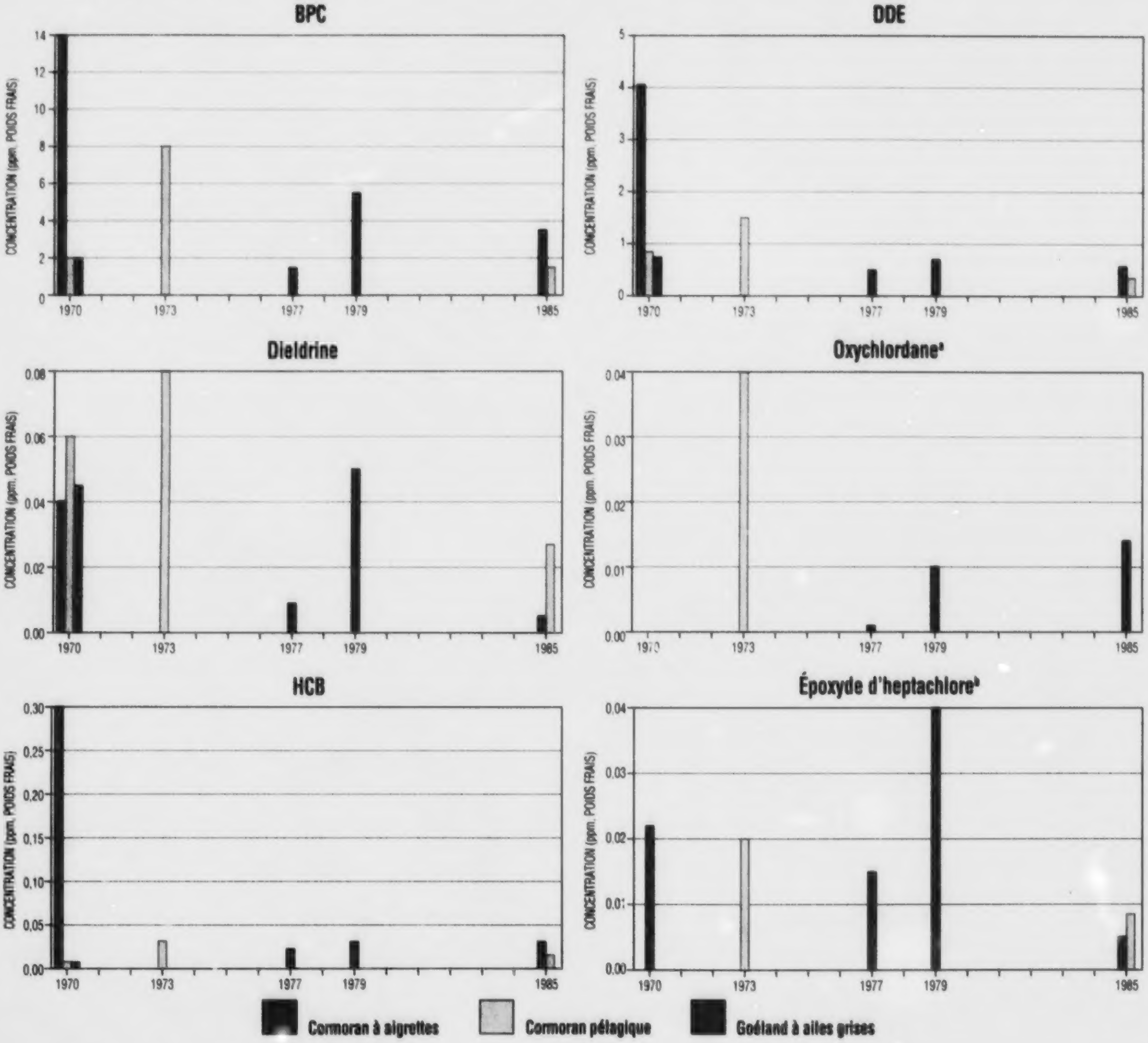
années 1970. Le phénomène a permis la réouverture de certaines zones de pêche commerciale des Grands Lacs, fermées dans les années 1970.

Au cours des années 1970 et 1980, la quantité de plomb entrant dans l'environnement a également diminué, principalement à cause de l'élimination graduelle de l'essence au plomb, de loin la principale source de rejet de cet élément au début des années 1970. La baisse de la concentration de plomb dans l'atmosphère a été radicale : entre 1974 et 1989, la concentration moyenne des particules de plomb dans l'air ambiant a diminué de 93 % (voir le chapitre 2). Le plomb reste toutefois préoccupant dans certaines localités, en raison de la contamination du sol ou des rejets atmosphériques d'usines de récupération du plomb.

La quantité de dioxines et de furanes entrant dans l'environnement a probablement diminué dans une certaine mesure, car les produits qui en contiennent comme impuretés, tels les chlorophénols et les BPC, sont moins utilisés. Parallèlement, la teneur en dioxines et en furanes des produits chimiques encore utilisés, comme l'herbicide 2,4-D, est plus rigoureusement réglementée. Néanmoins, des quantités réduites mais significatives de dioxines et de furanes sont encore libérées par diverses sources, en particulier par les

FIGURE 21.4

Changements dans la teneur en contaminant des œufs d'oiseaux de mer se reproduisant dans le détroit de Georgie, 1970–1985



[a] L'oxychlordane n'a pas été dosé dans les œufs avant 1973.

[b] L'époxyde d'heptachlore n'a pas été dosé dans les échantillons de 1970.

Source : Noble, 1990.

usines de pâtes et papiers utilisant un procédé de blanchiment au chlore, les incinérateurs municipaux dont les dispositifs antipollution sont désuets et les décharges de déchets dangereux. Les concentrations de ces contaminants sont erratiques.

Les études des dioxines présentes dans les œufs du goéland argenté du lac Ontario ont révélé dans les années 1970 et 1980 une chute spectaculaire de la concentration de la 2,3,7,8-TCDD, la dioxine la plus toxique (figure 21.6). On a attribué cette baisse à la fermeture, au début des années 1970, d'une usine de chlorophénol située sur la rivière Niagara. Durant la même période, toutefois, la concentration de dioxines a varié de façon erratique chez le touladi du lac Ontario (figure 21.7) : on suppose que des décharges de déchets dangereux situées sur la Niagara conti-

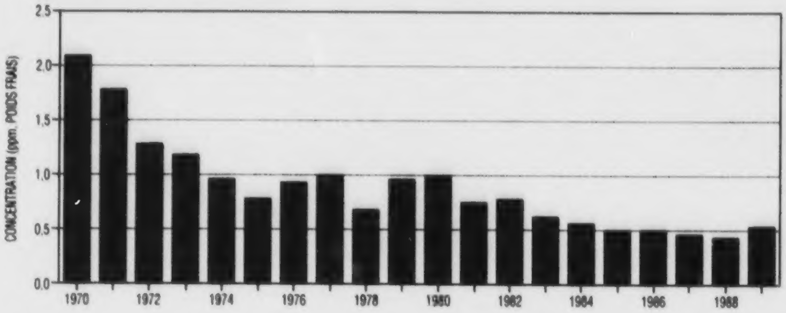
nuent de polluer les eaux. Sur la côte Ouest, on a mesuré de fortes concentrations de dioxines et de furanes dans les mollusques et les œufs d'oiseaux au voisinage d'usines de pâtes utilisant un procédé de blanchiment au chlore, ce qui a entraîné la fermeture de certains parcs à mollusques et l'émission de consignes sanitaires pour les autres.

En général, les données semblent indiquer que la plupart des Canadiens sont maintenant moins exposés aux contaminants toxiques qu'ils ne l'étaient dans les années 1960 et 1970. Néanmoins, bon nombre des produits chimiques toxiques préoccupants des dernières années subsistent dans l'environnement et pourraient menacer encore longtemps la santé des animaux et des humains. La réglementation et, dans la mesure du possible, la réduction des résidus toxiques seront au premier plan de toute stratégie de gestion des substances toxiques.

Par ailleurs, des milliers d'autres produits chimiques toxiques qui ne sont ni surveillés ni réglementés pénètrent dans l'environnement. Il est impossible de prédire les effets que certains de ces produits pourraient y exercer. Un deuxième Minamata semble improbable, mais non impossible. Ainsi, même si nous semblons remporter la première manche dans la lutte contre les substances toxiques, la partie est loin d'être gagnée.

FIGURE 21.5

Concentrations moyennes de mercure chez le doré du lac Sainte-Claire, 1970–1989



Source : Gouvernement du Canada, 1991, d'après des données du ministère de l'Environnement de l'Ontario.

L'ÉVALUATION DU RISQUE

Quand une substance est-elle toxique?

En termes simples, un produit toxique est une substance nocive pour un organisme. Or, déterminer la toxicité d'une substance n'est pas toujours aussi simple que ne le laisse croire cette définition. De fait, la frontière entre le toxique et le non-toxique peut être très ténue. Autrement dit, la toxicité ne revêt pas toujours un caractère absolu; dans bien des cas, c'est une propriété relative qui dépend des conditions particulières du milieu.

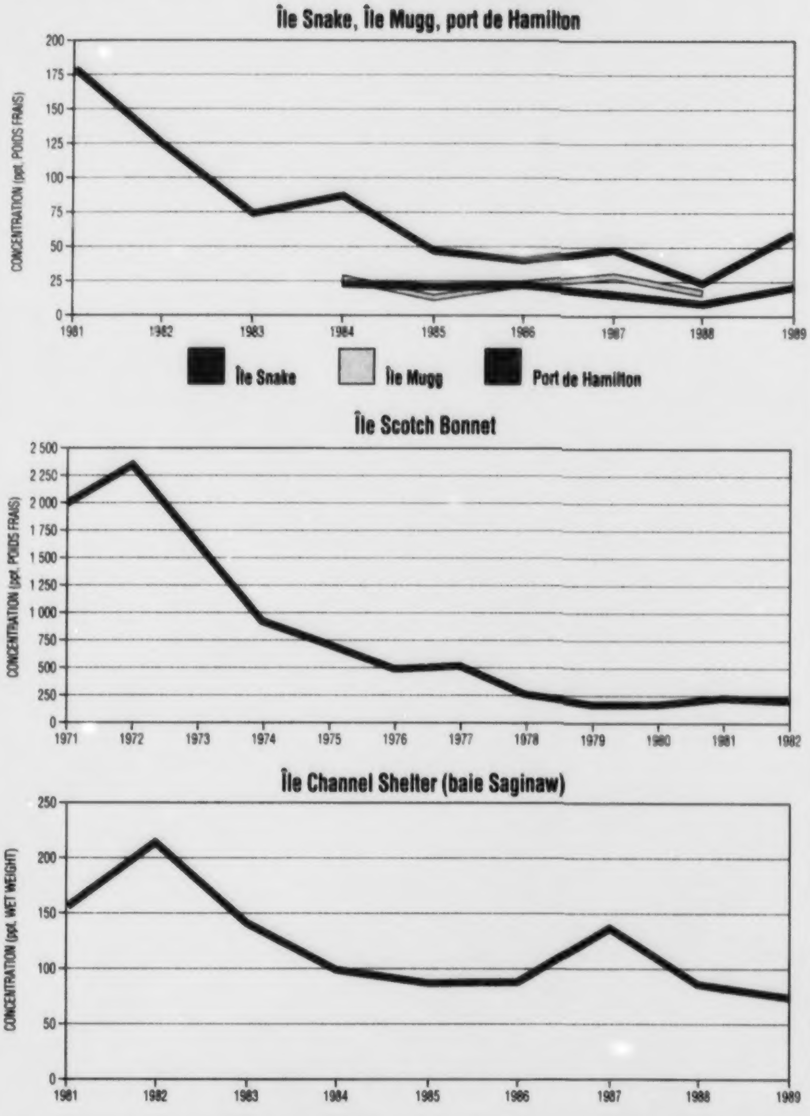
La toxicité est en partie une question de concentration. Presque toute substance peut se révéler toxique pour un organisme si celui-ci est exposé à une concentration excessive. Par ailleurs, la réaction aux substances toxiques varie selon l'espèce, voire selon le sujet. Un produit très toxique pour une espèce peut ne l'être que modérément pour une autre, et nullement pour une troisième. Au tableau 21.1, par exemple, on peut voir la variation de la dose létale médiane (c.-à-d. la dose unique qui tue la moitié des animaux d'expérience) pour diverses espèces exposées à la 2,3,7,8-TCDD, une dioxine très toxique. Même entre deux espèces étroitement apparentées comme le hamster et le rat, cette dose peut varier d'un coefficient supérieur à 200. Ainsi, dans la détermination du risque que peut présenter une certaine quantité de produit toxique, il faut se rappeler que ce risque pourrait être défini différemment pour chacune des espèces que l'on veut protéger.

La toxicité peut aussi dépendre du devenir de la substance dans l'environnement. Celle-ci se transforme-t-elle rapidement, comme le mercure et le DDT, en une forme plus active? Ou se décompose-t-elle plutôt en une forme inoffensive? S'accumule-t-elle dans l'environnement au point que les organismes y sont davantage exposés? Par exemple, les composés organochlorés présents dans l'eau potable de la région du lac Ontario ne sont pas considérés comme dangereux pour la santé; toutefois, pour certains poissons de ce lac, ils sont toxiques, simplement par l'effet de la bioconcentration.

Il est aussi extrêmement difficile de corréler les effets toxiques à un constituant précis d'un mélange chimique complexe. Ainsi, il existe plus de 200 BPC. Les mélanges produits dans l'industrie en contiennent habituellement un certain nombre, en plus de traces de furanes polychlorés, dont le nombre théorique est de 75. Des études en laboratoire ont révélé que la toxicité des BPC et des furanes polychlorés variait d'une molécule à l'autre, mais, dans les cas d'exposition aux premiers, il a été impossible de déterminer sans équivoque si les effets observés étaient dus à ceux-ci ou aux furanes, encore moins de mettre en cause une ou des molécules pour des symptômes particuliers.

Malgré qu'il soit très difficile d'établir clairement la toxicité de certains produits, il importe néanmoins que nous en sachions le plus possible sur la toxicité probable de chacun de ceux que nous utilisons, afin d'éviter toute atteinte nouvelle à l'environnement et à la santé. Au Canada, les modalités de l'obtention de cette information sont définies dans la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988, qui donne au ministre de l'Environnement le pouvoir d'ordonner l'évaluation toxicologique de tout nouveau

Concentrations de dioxine (2,3,7,8-TCDD) dans les œufs du goéland argenté



Remarque : Les îles Scotch Bonnet et Snake sont à l'extrémité est du lac Ontario; l'île Mugg est située à Toronto.
Source : Gouvernement du Canada, 1991, d'après des données du Service canadien de la faune, Environnement Canada.

produit chimique arrivant sur le marché, ainsi que de tous ceux qui sont déjà en usage.

En vertu de cette loi, il est interdit au Canada de mettre dans le commerce un nouveau produit chimique tant que ce dernier n'a pas été approuvé par Environnement Canada et par Santé et Bien-être social Canada. Quiconque élabore un produit chimique ou l'importe pour la première fois au Canada doit soumettre aux autorités fédérales un dossier sur les propriétés physico-chimiques et toxiques de ce produit. Après avoir évalué les risques que présente le produit, les autorités peuvent demander des renseignements supplémentaires, autoriser l'utilisation du produit sans restriction, réglementer son utilisation ou interdire cette dernière.

Pour ce qui est d'évaluer les produits en usage, la difficulté est encore plus considérable puisqu'ils sont des milliers. En vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, on a dressé une liste des substances d'intérêt prioritaire dont la première version, en 1989, comptait 44 produits et dont l'évaluation doit être terminée d'ici 1994 (voir l'encadré 21.7).

Les perceptions

L'analyse scientifique approfondie est l'un des fondements indispensables de l'évaluation des risques que posent les substances toxiques. On aurait tort, toutefois, de penser que c'est le seul facteur à déterminer notre conduite à l'égard de ces substances. En effet, des facteurs subjectifs, de même que la dynamique sociale et politique, conditionnent également notre évaluation des risques des produits toxiques et nos réactions à ces risques.

Considérons, par exemple, deux dangers entraînant la même mortalité au cours d'une période donnée. L'un tue chaque année pendant 10 ans 100 personnes au hasard un peu partout dans le pays. L'autre ne tue personne pendant neuf ans, mais détruit entièrement un village de 1 000 personnes la dixième année. Statistiquement, leur gravité s'équivaut : la mortalité moyenne s'élève à 100 par année. Pourtant, la plupart d'entre nous n'arrivent pas à cette conclusion. En effet, la disparition soudaine d'une communauté entière est plus frappante, plus effrayante et beaucoup plus marquante que la mort anonyme du même nombre de personnes disséminées dans le pays. Nous sommes donc portés à attribuer à l'événement catastrophique un risque plus grand (Sandman, 1987).

La même subjectivité peut jouer dans notre évaluation des risques que présentent les produits toxiques et nous

influencer dans l'établissement de l'ordre de priorité des mesures à prendre. Il se peut très bien que le radon qui s'infiltre dans les maisons bâties sur un sol naturellement radioactif pose pour la santé un risque plus grand que les BPC, mais comme ce gaz n'a pas été en cause dans une tragédie comme celle de Minamata, le public s'en émeut beaucoup moins.

Nos valeurs et nos intérêts jouent aussi. Le débat entourant les substances toxiques est conditionné dans une large mesure par les valeurs et les intérêts de quatre groupes : l'industrie, les écologistes, les syndicats et les élus. Les points de vue peuvent varier passablement au sein de ces groupes, mais on peut décrire en gros la position de chacun.

L'industrie, par exemple, défend des intérêts économiques, les siens propres et ceux de l'ensemble de l'économie. Elle tend donc à considérer les aspects écologiques d'une question en regard des éléments économiques mis en jeu. Elle souhaite avant tout que le coût économique de la protection de l'environnement soit justifié par un avantage écologique bien concret, ce qui peut être ardu lorsque l'incertitude scientifique rend difficile la démonstration des avantages éventuels. L'industrie craint également que la protection de l'environnement n'empêche les entreprises canadiennes de concurrencer celles des pays où la réglementation n'est pas aussi rigoureuse.

Les écologistes, par contre, insistent pour que la société soit en harmonie avec l'environnement. Selon eux, nous devons, pour des raisons morales et pratiques, léguer aux générations à venir un environnement en bon état. Dans les cas où les intérêts de l'industrie et la protection de l'environnement sont incompatibles, les écologistes privilégient la protection de l'environnement, arguant qu'à long terme, la pérennité de l'environnement est une condition préalable à la viabilité économique.

Défenseurs des intérêts de leurs membres, les syndicats ont oscillé entre ces deux positions. Ils tiennent au droit de gagner sa vie sans la perdre. La protection des emplois aussi est capitale. Ainsi, tout en cherchant à limiter l'utilisation de certains produits pour protéger la santé de leurs membres, les syndicats peuvent aussi s'opposer aux restrictions frappant les substances dont dépendent des emplois.

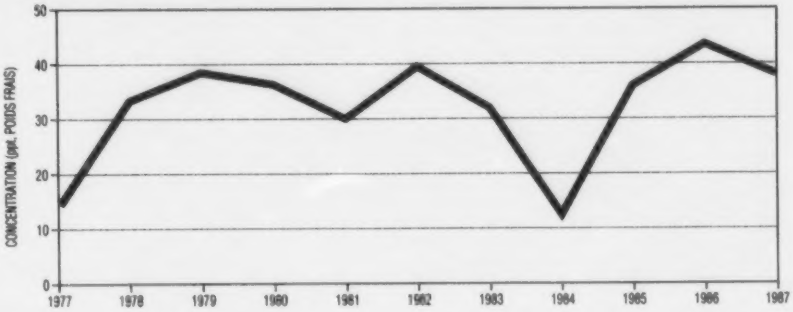
C'est aux gouvernements qu'incombe le rôle le plus complexe, car ils doivent concilier toutes ces opinions, en plus de celles du public, et décider de la marche à suivre. En général, les gouvernements favorisent la stabilité économique et sociale. Comptant sur les conseils des scientifiques et les données que peuvent recueillir les divers ministères, ils sont eux aussi influencés par bien d'autres facteurs, notamment les perceptions personnelles.

L'opinion publique possède également un poids énorme dans la controverse entourant la gestion des produits chimiques, car elle peut influer sur l'attention que portent aux questions écologiques les gouvernements et l'industrie. Les gouvernements sont évidemment très sensibles à l'opinion publique et les groupes écologistes ont très astucieusement tiré parti de ce fait pour les inciter à agir. L'industrie aussi a reconnu qu'il est de plus en plus important de gagner la confiance du public : elle y va donc de ses propres initiatives écologiques pour devancer la réglementation et refaire son image.

L'opinion peut néanmoins être une force indépendante, et non simplement un facteur subissant l'influence d'intérêts particuliers. Le syndrome du « pas dans ma cour » est venu compliquer davantage la gestion des produits chimiques toxiques. Craignant un nouveau Love Canal ou un autre Saint-Basile-le-Grand, les collectivités acceptent de moins en moins chez elles la production, le transport, l'entreposage et la destruction des produits toxiques (voir le chapitre 14).

FIGURE 21.7

Concentrations moyennes de la dibenzodioxine polychlorée la plus toxique (2,3,7,8-TCDD) chez le touladi du lac Ontario, 1977–1987



Source : Gouvernement du Canada, 1991, d'après des données de Pêches et Océans Canada.

TABLEAU 21.1

Dose létale médiane de la 2,3,7,8-TCDD pour diverses espèces

Espèce animale	Dose (mg/kg de poids corporel)
Cobaye	0,001
Rat (mâle)	0,022
Rat (femelle)	0,045
Singe	>0,07
Souris	0,114
Lapin	0,115
Chien	>0,3
Ouaouaron	>0,5
Hamster	5,0

Source : Chemical and Engineering News, 1983.

[illegible] 21.7

La liste des substances d'intérêt prioritaire

Comme les produits chimiques n'ont pas systématiquement fait l'objet d'épreuves toxicologiques ou écotoxicologiques par le passé, certains de ceux qui sont actuellement en usage pourraient présenter des risques insoupçonnés pour la santé et l'environnement. Souvent, nous n'avons été alertés qu'après une tragédie. Pour réduire la probabilité de répétition de ce type de problème, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988 exige que tous les produits chimiques en usage au Canada soient soumis à une évaluation complète.

C'est une tâche énorme, qui prendra de nombreuses années, car on dénombre 35 000 produits chimiques dans l'industrie au Canada. Pour que les plus dangereux soient connus le plus tôt possible, on a dressé une liste des substances d'intérêt prioritaire, c'est-à-dire des substances qui satisfont au moins à l'une des conditions suivantes :

- le produit a ou peut avoir des effets nocifs pour la santé ou l'environnement;
- il s'accumule, ou peut s'accumuler, en concentrations importantes dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments ou les tissus;
- il est libéré dans l'environnement en quantités ou en concentrations importantes.

Par ailleurs, des citoyens peuvent demander qu'un produit chimique soit inscrit sur la liste en transmettant une requête écrite et motivée au ministre de l'Environnement. Les produits déjà réglementés en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* ou d'une autre loi sont exclus de la liste.

Lorsqu'un produit chimique est inscrit sur la liste, on procède à des analyses afin d'évaluer l'importance et la nature des risques qu'il présente. On détermine quelles mesures de lutte sont possibles et, si la chose est jugée nécessaire, un règlement est promulgué. Le processus s'achève par la vérification de l'efficacité des mesures mises en œuvre.

La première version de la liste des substances d'intérêt prioritaire a été publiée en février 1989. Environ le tiers des 44 inscriptions sont des familles chimiques qui peuvent comprendre plusieurs centaines de produits. L'évaluation de ces substances doit se terminer le 11 février 1994.

Les produits suivants seront évalués en premier :

- l'arsenic et ses composés;
- le benzène;
- les effluents des usines de pâtes et papiers utilisant un procédé de blanchiment au chlore;
- l'hexachlorobenzène;
- le méthoxy-2 isobutane (ou éther méthylique du tert-butanol);
- les dibenzodioxines polychlorées;
- les dibenzofuranes polychlorés;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques;
- les huiles à moteur usées.

Le premier rapport, consacré aux dioxines et aux furanes, est paru en mars 1990.

LA GESTION DES PRODUITS TOXIQUES

Il existe quatre grandes façons de gérer les produits chimiques toxiques : l'autodiscipline; les mesures fiscales et les incitations économiques; la sensibilisation et l'information; la réglementation. Chacune possède des avantages et des inconvénients propres.

L'*autodiscipline* peut prendre la forme de lignes directrices formulées par le gouvernement avec le concours de l'industrie, des écologistes et d'autres intéressés, ou la forme de codes de pratique élaborés par l'industrie pour ses propres besoins. Les lignes directrices sont plus faciles à rédiger qu'un règlement et peuvent être adaptées aisément à une situation particulière. Elles sont des plus efficaces lorsque la branche d'activité compte un petit nombre d'entreprises et que celles-ci sont réceptives.

Les codes de pratique dont se dotent les entreprises peuvent être très efficaces, car ils touchent toutes les activités de l'entreprise et sont préparés par des gens qui possèdent une connaissance approfondie des installations. En outre, ces codes introduisent des valeurs écologiques dans la culture de l'entreprise et encouragent les employés à considérer la gestion des produits chimiques comme faisant partie intégrante de leur travail.

Le principal inconvénient de l'autodiscipline réside dans l'absence de mécanisme adéquat pour veiller à ce que les pratiques recommandées soient vraiment suivies. De plus, certaines entreprises hésitent à s'y engager de crainte des coûts ou d'un recul de la compétitivité. L'autodiscipline est souvent plus efficace chez les grandes entreprises, les petites étant fréquemment moins sensibilisées et n'ayant pas les ressources financières et techniques nécessaires pour prendre des mesures concrètes.

Les *mesures économiques* combinent incitation et réglementation. Elles visent à réduire la pollution en la ren-

dant plus coûteuse, ou encore en diminuant le coût de la lutte antipollution par des subventions ou des exemptions fiscales.

Aux États-Unis, on a imaginé des échanges de droits d'émission, qui ont suscité une vive controverse. Le Canada songe à emboîter le pas. Les échanges de droits d'émission reposent sur l'hypothèse que certains pollueurs sont mieux en mesure que d'autres d'atteindre, voire de dépasser, les objectifs de réduction de la pollution. Au lieu de réglementer chaque source de rejet, les autorités fixent un objectif global pour l'ensemble de l'industrie visée et délivrent des permis de rejet individuels aux entreprises. Celles qui ne peuvent respecter les limites peuvent acheter des droits auprès d'entreprises dont les rejets sont inférieurs à la limite permise. Ainsi, l'objectif de réduction peut être atteint avec le minimum de conséquences économiques pour l'industrie. Les opposants à ce mécanisme estiment toutefois qu'il permet à certaines entreprises de continuer de polluer à outrance, tandis que d'autres sont, dans certains cas, récompensées pour des réductions qu'elles auraient réalisées de toute façon.

L'*information* vise habituellement les particuliers. Un exemple récent est le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail. Aboutissement d'un projet commun du gouvernement, de l'industrie et des syndicats, c'est une base de données sur les produits chimiques dangereux, qui est régulièrement enrichie et que l'on met à la disposition des travailleurs pour qu'ils puissent prendre les mesures appropriées pour protéger leur santé. Un autre exemple est le programme Choix environnemental, destiné aux consommateurs, qui prévoit l'apposition d'un logo sur l'étiquette des produits dont l'achat présente un choix « éco-logique ». Malgré leur rôle louable, surtout à longue échéance, ces programmes ne sont toutefois efficaces que dans la mesure où l'action des gens répond à l'information fournie.

La *réglementation* a l'avantage d'établir des normes tangibles, qui ont force de loi. Comme toutes les entreprises sont régies par les mêmes règles, il n'est plus question pour elles de s'assurer une meilleure position concurrentielle en prenant des mesures antipollution moins onéreuses. La réglementation est aussi le seul moyen efficace de limiter l'utilisation d'un produit chimique donné et d'assurer l'uniformisation de l'étiquetage et d'autres pratiques. En principe, elle garantit le respect et l'uniformité d'application des normes environnementales.

Cependant, l'élaboration d'un règlement prend du temps et tend à ne viser que les produits sur lesquels le corpus de données est riche. Les produits réglementés sont donc très peu nombreux. Pour diverses raisons juridiques, techniques et financières, il a été difficile de faire respecter les règlements. Par surcroît, bon nombre des mesures pouvant contribuer à limiter les rejets, comme les bonnes pratiques industrielles, la formation de la main-d'œuvre et la mise au point de techniques non polluantes, sont difficiles à prescrire.

Malgré tout, la réglementation a pris une place de plus en plus grande dans la gestion des produits toxiques. La dépollution des émissions et des effluents relève essentiellement des provinces, mais la réglementation des produits chimiques du commerce est du ressort du gouvernement fédéral, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* étant le principal instrument utilisé à cette fin.

Un règlement permet de limiter les rejets d'un produit toxique donné à un niveau acceptable, celui-ci étant fonction des effets du produit sur la santé et l'environnement, des répercussions socio-économiques des dispositions antipollution, de l'existence de solutions de rechange et de l'efficacité des techniques antipollution.

Dans certains cas — particulièrement celui des produits carcinogènes ou très persistants —, les rejets peuvent être tout simplement interdits. On ne s'entend cependant pas sur la gamme des produits à proscrire. Certains estiment peu utile de restreindre davantage des rejets déjà si réduits qu'ils posent peu de risques. Ils laissent entendre que, en regard de coûts énormes, les avantages seraient relativement modestes. D'autres estiment en revanche qu'aucune marge d'erreur n'est tolérable avec des matières effectivement ou potentiellement toxiques et susceptibles de persister dans l'environnement pendant des siècles.

Entre ces deux points de vue, le plus prudent semble prévaloir. Par exemple, suivant l'Accord canado-américain relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, les parties ont pour politique d'interdire les rejets de substances toxiques en quantités reconnues comme toxiques et de tâcher d'éliminer les rejets de toutes les substances toxiques rémanentes (Commission mixte internationale, 1978). De même, la Stratégie municipale et industrielle de dépollution de l'Ontario a pour objectif l'élimination virtuelle des contaminants toxiques des rejets urbains et industriels déversés dans les cours d'eau (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1986).

Dans un règlement récemment adopté en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, il est également question de l'élimination virtuelle des dioxines et des furanes des effluents des usines de pâtes et papiers. Cet objectif, qui suppose la modification du procédé de blanchiment au chlore, doit être atteint d'ici 1996.

UN CADRE POUR LA GESTION INTÉGRALE DES PRODUITS CHIMIQUES TOXIQUES

En 1985, souhaitant traiter le problème des produits chimiques de façon plus systématique et plus complète, le gouvernement fédéral a entrepris de consulter les provinces, l'industrie, les syndicats, les groupes écologistes et les consommateurs. Un groupe de travail a alors été chargé de définir un cadre de gestion des produits toxiques qui per-

ENCADRÉ 21.8

L'autodiscipline dans l'industrie chimique

Devant l'inquiétude croissante de la population, l'industrie chimique a pris l'initiative de diverses mesures pour améliorer la gestion de ses produits. Le programme « Gestion responsable : un engagement total » de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques comporte six codes de pratique qui couvrent toute la vie des produits, depuis la recherche et le développement jusqu'à la distribution et à l'élimination, en passant par la fabrication et le transport (Association canadienne des fabricants de produits chimiques, 1990*b*). Ces codes, qui ont été élaborés par des spécialistes des entreprises membres, ont pour but d'assurer une gestion uniforme des produits dans toute l'industrie.

Le *Code de pratique pour la sensibilisation des collectivités et le secours d'urgence* stipule que les entreprises doivent établir des programmes à l'intention de la population locale, des travailleurs et des autres intéressés afin de les informer des dangers et des risques inhérents à leurs activités et à leurs produits. Elles doivent en outre communiquer avec les collectivités par la voie de programmes de liaison communautaire et donner suite à leurs préoccupations, intervenir en cas d'urgence et aider la municipalité à élaborer un plan d'intervention d'urgence.

Le *Code de pratique pour la recherche et le développement* vise à ce que ni le public ni l'environnement ne soient exposés à un danger par suite de la mise au point de nouveaux produits, procédés, équipements et usages. Une fois un produit introduit sur le marché, des renseignements complets sur les risques qu'il présente ainsi que sur les exigences de sa manutention et de son élimination doivent être fournis aux clients.

Le *Code de pratique pour la fabrication* vise à protéger le public et l'environnement contre les dangers découlant de la fabrication des produits chimiques, depuis la conception et la construction des installations jusqu'à leur décontamination. En plus d'instaurer des programmes d'intervention d'urgence et d'information sur les risques, les entreprises doivent s'assurer que leurs employés surveillent tous les rejets et prennent les mesures nécessaires pour les limiter.

Le *Code de pratique pour le transport* établit des normes applicables à l'équipement, aux méthodes et au personnel utilisés dans le transport des produits chimiques. Les transporteurs doivent déterminer leur trajet en cherchant à limiter le plus possible l'exposition de la population et des milieux fragiles aux produits chimiques dangereux et ils doivent préparer des plans d'intervention d'urgence qu'ils peuvent mettre en oeuvre en cas d'accident. Dans le cadre du Programme de secours d'urgence-transport, on a établi plusieurs centres régionaux de services spécialisés qui sont en mesure d'intervenir rapidement en cas d'urgence.

Le *Code de pratique pour la distribution* prévoit l'évaluation régulière des risques reliés au stockage et à la manutention des produits chimiques dans le circuit de distribution. Les membres de l'Association ne sont pas autorisés à approvisionner les distributeurs et les clients qui ne peuvent pas satisfaire aux exigences de ce code.

Le *Code de pratique pour la gestion des déchets* dangereux couvre tous les aspects de la manutention et de l'élimination des déchets dangereux de même que la fermeture et la surveillance des décharges. Les entreprises sont encouragées à réduire leur production de déchets, à réutiliser ou à recycler ceux-ci lorsque la chose est techniquement et économiquement possible. Si une entreprise ne peut se conformer aux exigences touchant l'élimination d'un produit, elle doit cesser la production de ce produit.

Le programme prévoit la prestation d'aide pour la mise en œuvre de ces codes et établit les grandes lignes des critères d'évaluation des résultats. L'adhésion au programme Gestion responsable est une condition d'admission à l'Association.

mettrait de réduire au minimum les risques pour la santé et l'environnement tout en maintenant la productivité industrielle. C'est ainsi qu'est née la notion de gestion intégrale, qui s'applique à chacune des sept étapes de la vie d'un produit chimique : recherche et développement, mise en marché, fabrication, transport, distribution, utilisation et élimination (Environnement Canada, 1986*a*).

Depuis, la gestion intégrale a beaucoup façonné les mesures réglementaires et volontaires de réduction des émissions de produits chimiques toxiques. Elle a inspiré bon nombre d'articles de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* et elle sert de fondement aux codes de pratique définis dans le document de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques intitulé « Gestion responsable : un engagement total » (voir l'encadré 21.8).

Cette gestion intégrale — et c'est là une de ses principales caractéristiques — met l'accent sur la prévention et sur la nécessité de limiter l'exposition des humains et de l'environnement, en dépit des incertitudes scientifiques. Les produits chimiques, tant nouveaux que déjà connus, ont été considérés sans discrimination dans l'établissement de l'ordre de priorité des mesures envisagées. On s'est aussi efforcé de rendre les mesures d'intervention plus efficaces en instaurant un meilleur esprit de collaboration entre les divers intéressés et en harmonisant les lois et les politiques fédérales et provinciales en matière de produits toxiques. Les paragraphes qui suivent donnent un aperçu des principaux points auxquels la gestion doit s'attacher à chacune des étapes de la vie d'un produit chimique.

La recherche et le développement

Au stade de la recherche et du développement, la gestion est axée sur la santé et la sécurité du personnel des installations de recherche, sur l'évaluation des risques pouvant surgir durant la vie du produit et sur l'élimination adéquate des échantillons et des effluents. Puisque cette étape est confiée à des chimistes spécialisés travaillant dans des

laboratoires bien équipés, les risques écologiques sont faibles; toutefois, la possibilité de rejets dans l'environnement devient plus grande aux derniers stades de la recherche, lorsqu'on passe à la production expérimentale de plus grandes quantités du nouveau produit en usine.

Le dossier de commercialisation

Après avoir évalué le potentiel d'un produit chimique sur le marché, on prépare le produit en vue de sa fabrication industrielle. On s'attache principalement à évaluer le risque que peut présenter le produit pour la santé ou l'environnement à un stade ou l'autre et l'on rassemble un dossier sur la toxicité, la stabilité et d'autres propriétés physico-chimiques du produit. Ce dossier doit être soumis aux autorités fédérales avant que la commercialisation du produit puisse être autorisée. Il est en outre nécessaire pour renseigner les employés et les clients des fabricants.

La fabrication

À l'étape de la fabrication, la gestion a trait aux normes régissant le choix de l'emplacement et l'aménagement des installations, au bon état, à l'exploitation et à l'entretien de l'usine, à la santé et à la sécurité des travailleurs, à l'élimination des effluents et à la planification des mesures d'urgence.

La fabrication engendre des rejets gazeux, liquides et solides qui peuvent véhiculer des produits indésirables jusque dans l'environnement. La réglementation du rejet de ces sous-produits, directement dans l'environnement ou dans les égouts, relève dans une large mesure des provinces.

Dans bien des usines, cependant, les fuites du matériel peuvent être considérables; ainsi, dans les installations vétustes, elles peuvent représenter jusqu'à 40 % des émissions (A. Stelzig, Environnement Canada, communication personnelle). La majorité des grandes entreprises ont mis sur pied des programmes d'entretien visant à prévenir de telles fuites, mais leur rigueur est variable (D. Bisset, Shell Canada, communication personnelle). Sauf quelques exceptions, les seules mesures réglementaires concernant les émissions diffuses au Canada font partie de règlements sur la santé et la sécurité au travail, qui visent à protéger les travailleurs contre l'exposition aux produits chimiques. Pour des raisons écologiques aussi bien qu'économiques, on améliore la conception des installations et de l'équipement des usines afin de réduire les rejets. En général, plus les installations sont modernes, moins elles produisent de rejets.

Les rejets accidentels de l'industrie sont également préoccupants. Les centres de l'industrie chimique (comme Sarnia, en Ontario) disposent généralement de mécanismes d'intervention d'urgence élaborés, mais ailleurs, on n'est pas nécessairement aussi bien préparé. Après la catastrophe de Bhopal, en 1984, on a examiné la situation au Canada : on a relevé 21 points à améliorer, depuis les mesures préventives de l'industrie et des municipalités jusqu'à la planification des mesures d'urgence (Environnement Canada, 1986*b*). Des groupes de travail réunissant fonctionnaires et industriels se sont attelés à la mise en œuvre des recommandations formulées dans le rapport d'Environnement Canada, sous l'égide du Comité des accidents industriels majeurs, qui est présidé par le gouvernement fédéral.

La décontamination des usines dont la vie utile est terminée est aussi une question importante, car les emplacements doivent être suffisamment assainis pour servir à d'autres fins. Voici quelques-unes des questions qui se posent alors : Quel est le degré de décontamination nécessaire? Quelle concentration de contaminant peut-on laisser dans le sol sans danger? Certaines utilisations du site décontaminé doivent-elles être interdites? Habituellement, il faut une autorisation de la province pour décontaminer un emplacement industriel, mais les lignes directrices diffèrent d'une province à l'autre. Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement étudie présentement une série de lignes directrices nationales sur la décontamination.

Le transport

La gestion des produits chimiques vise principalement à assurer la sécurité publique. La *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* prescrit la formation spéciale des conducteurs des véhicules de transport, un emballage et des méthodes de manutention sécuritaires et des panneaux identifiant les matières dangereuses transportées. Les transporteurs de produits très dangereux (explosifs, gros volumes de chlore ou produits radioactifs ou infectés) sont tenus de soumettre au préalable un plan d'intervention d'urgence. En outre, les gouvernements et l'industrie doivent avoir mis en place des plans d'urgence pour les autres imprévus qui peuvent survenir durant le transport.

Les grandes villes sont souvent la destination des envois de produits chimiques dangereux. Pour réduire le danger au minimum, certaines municipalités comme Montréal, Toronto et Vancouver ont chargé des groupes d'étude de tracer le trajet le plus sûr pour ces envois sur leur territoire.

La distribution

Les produits chimiques sont distribués aux utilisateurs de diverses façons, parfois directement par le fabricant, parfois par l'entremise d'une ou de plusieurs petites ou moyennes entreprises qui se chargent de la vente de ces produits ou de leur conditionnement, traitement, formulation, exportation ou importation. Ce qui compte à cette étape-ci, c'est que toute l'information utile sur la gestion sécuritaire du produit parvienne à l'utilisateur final, quelle que soit la voie de distribution.

L'exportation des produits chimiques est particulièrement préoccupante. Un règlement devant être promulgué sous le régime de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* astreindra l'exportateur d'un produit interdit ou dont l'utilisation est très restreinte au Canada d'aviser les autorités du pays importateur de l'envoi du produit avant que celui-ci n'arrive à destination. La notification doit renfermer des renseignements sur les propriétés du produit.

L'utilisation

Les utilisateurs de produits chimiques sont les industries, les établissements et les consommateurs. Sous bien des aspects, les industries et les établissements sont aux prises avec les mêmes préoccupations que les fabricants, mais ils n'y sont pas tous également préparés.

La plupart des fabricants de produits chimiques collaborent étroitement avec leurs clients, pour que leurs produits soient utilisés correctement. Dow Chemical Canada, par exemple, inspecte les usines de ses clients à la première livraison d'un produit, puis fait des inspections régulières (à tous les six mois à trois ans). La société fournit des conseils et des services techniques à tous les clients qui ne se conforment pas à ses critères de sécurité. Elle cesse même d'approvisionner ceux qui refusent de moderniser leurs opérations (D. Hames, Dow Chemical Canada, communication personnelle).

Les petites et moyennes entreprises qui utilisent des produits chimiques ignorent souvent comment résoudre les problèmes qu'elles peuvent causer. En fait, bon nombre ne savent peut-être même pas qu'elles polluent. Les petites entreprises de nettoyage à sec de quartier, par exemple, utilisent du perchloréthylène et d'autres produits dangereux, mais les préposés aux machines et les autres employés n'ont souvent ni la formation ni les installations nécessaires pour bien utiliser ces produits. Les fabricants de solvants de nettoyage à sec ont maintenant lancé des programmes pour améliorer les pratiques de ces utilisateurs, mais les petites entreprises d'autres branches ont besoin de programmes d'aide pour mieux respecter l'environnement.

Les consommateurs aussi doivent faire leur part. Le foyer typique regorge de produits dégageant des substances chimiques qui peuvent être dangereuses pour l'environnement. Les produits de nettoyage et les pesticides sont des cas évidents, mais même des produits apparemment inoffensifs comme les peintures à l'huile, les parfums et les dissolvants de vernis à ongles contiennent des solvants qui libèrent des produits toxiques en s'évaporant.

Pour gérer sans danger les produits chimiques d'usage domestique, les consommateurs ont besoin de renseignements sur l'utilisation et l'élimination adéquates de ces produits; ils doivent aussi être conseillés sur les produits les moins dommageables pour l'environnement. Il importe donc que l'étiquette du produit et, le cas échéant, le dépliant d'accompagnement portent l'information utile. Si les consommateurs veulent plus de détails sur un produit donné, ils peuvent se renseigner auprès du centre antipoison local ou de divers services mettant à leur disposition des lignes téléphoniques gratuites. Le centre de référence sur les produits chimiques de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques offre un service de ce genre, de même qu'Agriculture Canada pour ce qui est des pesticides. Pour l'instant, toutefois, aucun équivalent du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail n'est à la disposition des consommateurs. Une source de renseignements aussi détaillés serait bien accueillie par les personnes qui, en raison de leur grande sensibilité à certains produits chimiques, doivent connaître la composition exacte de ce qu'elles achètent.

Depuis nombre d'années déjà, les groupes écologistes jouent un rôle de premier plan dans la sensibilisation des consommateurs aux produits toxiques et dans la promotion d'habitudes plus écologiques. Dernièrement, le gouvernement fédéral a mis sur pied le programme Choix environnemental pour informer les consommateurs et encourager les fabricants à offrir des produits plus écologiques en les autorisant à imprimer un logo sur les étiquettes de tels produits.

L'élimination

Les résidus de produits chimiques peuvent poser un grand danger pour l'environnement et pour la santé. Les déchets dangereux qui n'ont pas été correctement éliminés par le passé sont à l'origine de certains des plus graves problèmes écologiques actuels. L'un des premiers obstacles à surmonter pour arriver à une gestion adéquate des produits chimiques est de parvenir à les traiter par des moyens sûrs et efficaces.

Répartition provinciale de la production de déchets dangereux au Canada, 1986

Province	% du total
Colombie-Britannique	1,4
Alberta	1,6
Saskatchewan	0,9
Manitoba	0,8
Ontario	68,1
Québec	22,2
Nouveau-Brunswick	1,1
Nouvelle-Écosse	2,6
Île-du-Prince-Édouard	0,01
Terre-Neuve	0,4

Source : Fenco Newfoundland Lavalin, 1988.

Selon les estimations, le Canada a produit 6,08 millions de tonnes de déchets dangereux en 1986. Environ 60 % de ces déchets ont été traités sur place, le reste étant éliminé à l'extérieur du lieu de production. D'après les prévisions de croissance économique, la production de déchets dangereux devrait totaliser 6,5 millions de tonnes en 1992. Le tableau 21.2 donne la contribution relative de chaque province à la production totale de 1986.

La gestion des déchets dangereux est-elle adéquate? Personne ne le sait vraiment. Dernièrement, une commission d'enquête du Québec a dû déclarer forfait dans sa quête de renseignements suffisants sur des aspects essentiels de la gestion des déchets, notamment la réutilisation ou le traitement des déchets ou encore la pertinence et la conformité du traitement. De plus, elle n'a pas pu retracer quelque 108 000 t — près du tiers — des déchets non traités sur place. Nul ne saurait dire exactement où et comment ces déchets ont été éliminés.

Il y aurait lieu, aussi, d'examiner de plus près la question des déchets domestiques dangereux. Chaque Canadien mettrait au rebut environ 2,5 kg/an de peintures, solvants, piles et batteries, produits d'entretien des piscines, pesticides, nettoyants, etc. Pour l'ensemble du pays, ces déchets représentent près de 64 000 t/an (Commission d'enquête sur les déchets dangereux, 1990).

Certaines villes organisent maintenant une collecte spéciale annuelle des déchets domestiques dangereux pour les éliminer par les moyens appropriés. L'Institut canadien des produits pétroliers (1990) a également mis sur pied un système de recyclage des huiles de graissage usées. Malgré tout, c'est parce qu'il n'existe aucun mécanisme satisfaisant de collecte que les déchets domestiques dangereux ne sont pas encore éliminés adéquatement.

La réduction, la réutilisation et le recyclage

La meilleure stratégie d'élimination consiste à ne pas produire de déchets. Il est souvent possible de diminuer la production de déchets en changeant les procédés de fabrication; parfois, on peut diminuer la quantité et la toxicité des résidus dangereux en utilisant des produits chimiques différents.

On parle de réutilisation lorsqu'un produit est employé de nouveau, sans avoir subi de changement ni de traitement préalable. Pour faciliter les échanges de déchets réutilisables entre les entreprises, la bourse canadienne des déchets met en contact les producteurs avec des utilisateurs éventuels. Lorsque les déchets doivent être traités avant d'être réutilisés, on parle de recyclage.

Pour être efficaces, la réduction, la réutilisation et le recyclage — les « 3R » — doivent s'appliquer systématiquement à toutes les opérations de l'entreprise, depuis la conception des usines et de l'équipement jusqu'à la fabrication des produits. Même si ces mesures peuvent entraîner des économies grâce à la réduction des besoins en matières premières et des frais de gestion des déchets (Munro et collab., 1990), l'industrie ne les adopte qu'avec lenteur. Certaines entreprises ignorent la composition de leurs déchets ou la manière d'appliquer les 3R. D'autres ne peuvent se permettre les immobilisations pour l'achat du matériel nécessaire. D'autres encore ne voient pas les déchets comme une ressource exploitable. Dans certains cas aussi, la solution des 3R est exclue tout simplement pour des raisons d'ordre chimique ou physique.

L'incinération et la mise en décharge

Lorsque toutes les possibilités des 3R ont été épuisées, l'incinération ou l'enfouissement dans une décharge sécuritaire sont les principaux moyens d'éliminer ce qu'il reste de déchets. Ces deux options sont toutefois assez controversées.

L'incinération se produit à très haute température dans un incinérateur spécialement équipé à cette fin ou dans un four à ciment. Les incinérateurs sont maintenant conçus pour détruire 99,9999 % des BPC, sans former de sous-produits toxiques comme les dioxines ou les furanes. Les partisans de l'incinération y voient un moyen d'élimination sûr qui peut en plus présenter l'avantage de produire de l'énergie. Les adversaires estiment toutefois que les risques d'accidents durant le transport ou l'entreposage ou les pannes du matériel restent inacceptables pour les collectivités locales, et préconisent d'insister davantage sur les 3R pour résoudre le problème des déchets toxiques. Pour bon nombre de collectivités, l'incinérateur mobile est un compromis acceptable. En effet, le transport des déchets dangereux est réduit au minimum et, en plus, l'appareil quitte les lieux dès que le travail est terminé.

La mise en décharge des cendres des incinérateurs et des autres déchets qui ne peuvent être incinérés alimente le même genre de controverse. On connaît des moyens de neutraliser ou d'immobiliser ces matières mais leur efficacité à long terme est contestée. En outre, les collectivités locales acceptent mal la présence de décharges et l'on a pratiquement cessé de recourir à ces moyens.

Tandis que le débat se poursuit, le volume des déchets dangereux continue d'augmenter. Les incinérateurs existants n'ont pas suffi à la tâche et la règle des 3R n'a pas encore réduit de façon appréciable la quantité de déchets toxiques. Néanmoins, l'incinérateur mobile étant de plus en plus accepté, on pourra enfin sortir de l'impasse et réduire l'accumulation de produits dangereux, en même temps que l'industrie canadienne continuera d'améliorer ses installations pour être désormais mieux en mesure de réduire, de réutiliser et de recycler ses déchets.

La décontamination des sites industriels

D'après les estimations, on trouve au Canada 1 000 sites contaminés par des matières dangereuses. Il peut s'agir, par exemple, de fosses à goudron de houille, de décharges non étanches, d'anciennes usines ou de dépôts de déchets dangereux; dans bien des cas, les frais de décontamination seront à la charge des contribuables, car les propriétaires sont disparus depuis longtemps. La facture peut varier de plusieurs centaines de milliers de dollars à des dizaines de millions, selon la nature des contaminants, l'étendue du site, la méthode de décontamination employée et plusieurs autres facteurs (Energy Pathways Inc., 1990).

Actuellement, certains des sites les plus visibles sont en voie d'être décontaminés. Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a institué un programme visant l'élaboration de lignes directrices sur la décontamination et le financement de ces travaux pour les sites orphelins (voir le chapitre 14).

LES RESPONSABILITÉS : GÉRER LES PRODUITS CHIMIQUES ET CHANGER LES ATTITUDES

Comme pour beaucoup d'autres problèmes environnementaux, le dossier canadien des produits chimiques toxiques n'est pas impeccable en ce début des années 1990. Au cours des deux dernières décennies, les Canadiens, parfaitement conscients des problèmes, ont réagi contre certains des plus graves dangers que posaient les produits chimiques pour l'environnement et, surtout, pour eux-mêmes. Cependant, de gros problèmes subsistent. Pourquoi?

Pour une part, cela tient au fait que, pendant de nombreuses années, on s'est servi de produits chimiques sans aucune précaution. Le défi consiste d'abord à tirer une leçon du passé, puis à trouver les moyens, la détermination et l'argent nécessaires pour éviter la répétition des erreurs.

La modification de nos infrastructures matérielles présente une autre difficulté. Pour réduire les rejets, il faudrait moderniser ou changer un grand nombre d'immeubles et de machines et mettre au point des techniques moins polluantes ainsi que des produits chimiques plus sûrs.

Individuellement et collectivement, les Canadiens doivent eux-mêmes s'adapter aux nécessités de la gestion des produits chimiques. Il faut multiplier les mesures pour faciliter la collecte, le recyclage ainsi que l'élimination sécuritaire des déchets et créer des systèmes pour rassembler et analyser des données sur l'utilisation et le devenir des produits chimiques. Enfin, il faut plus de normes, de règlements, de directives et de codes de pratique.

Finalement, l'attitude et les habitudes de chacun de nous compte aussi beaucoup. Même si nous sommes plus conscients des dangers des substances toxiques, il reste que, comme consommateurs, nous commençons tout juste à tenir compte de l'écologie. Bien souvent encore, aucune précaution particulière ne vise les produits chimiques à la maison ou au travail. La bonne gestion de ces produits doit devenir une seconde nature, tant dans nos foyers que dans les entreprises et les établissements publics.

Est-il réaliste de penser que les Canadiens sont en mesure de s'engager non seulement financièrement, mais encore économiquement, socialement et personnellement pour que les produits chimiques soient bien gérés? L'histoire nous enseigne que oui.

Avant le XIX^e^ siècle, on n'attachait guère d'importance à l'hygiène et à l'assainissement. Les ordures étaient jetées à la rue, l'eau potable n'était pas purifiée et les égouts étaient des canaux à ciel ouvert. Naturellement, des maladies comme le choléra, le typhus et la dysenterie prélevaient un lourd tribut de vies. Au XIX^e^ siècle, plusieurs facteurs ont concouru à révolutionner les notions d'hygiène. On a généralement adhéré à la théorie de la transmission de la maladie par les germes, qui mettait surtout en cause l'insalubrité. Des commissions gouvernementales ont recommandé l'amélioration des mesures d'hygiène publique, tandis que naissaient des groupes d'intérêt public comme l'Association canadienne de santé publique, qui ont fait des pressions auprès des gouvernements et qui se sont efforcés de sensibiliser la population à l'importance de l'hygiène. De grandes épidémies sont venues leur donner raison et attirer l'attention de la population sur les carences de l'hygiène publique. Durant les dernières décennies du XIX^e^ siècle, on a pris des mesures dans beaucoup de régions du Canada pour aménager des égouts et des installations d'épuration, organiser la cueillette des ordures et assurer divers autres services essentiels d'hygiène publique.

Toutefois, c'est dans la conscience collective que s'est opéré le changement le plus important. L'insalubrité, autrefois courante dans les foyers et dans les villes, est non seulement inacceptable de nos jours, mais aussi inconcevable. Les règlements sur la salubrité restent nécessaires pour les restaurants et autres services publics, mais leur application est maintenant une opération de routine et fait partie de la vie moderne. La facilité avec laquelle les règlements sont appliqués montre bien que l'hygiène fait maintenant partie de la culture générale et est intégrée à la conception que les gens se font du monde et qu'ils inculquent à leurs enfants.

La révolution de l'hygiène peut s'étendre à la gestion des produits chimiques. Naturellement, pour y parvenir, il faut une infrastructure élargie de lois et d'institutions, mais il importe tout autant que les attitudes changent en profondeur. Comme l'hygiène et l'assainissement, la gestion des produits chimiques doit en venir à faire partie intégrante de la culture collective et individuelle.

OUVRAGES CITÉS

Association canadienne des fabricants de produits chimiques. 1990*a*. *Overview of the Canadian chemical manufacturing industry*. Ottawa.

Association canadienne des fabricants de produits chimiques. 1990*b*. *Gestion responsable : un engagement total*. Ottawa.

Bell, R.W., R.E. Chapman, B.D. Kruschel, M.J. Spencer, K.V. Smith et M.A. Lusis. 1991. *The 1990 Toronto personal exposure pilot (PEP) study*. ARB–207–90. Direction des ressources atmosphériques, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Birmingham, B., A. Gilman, D. Grant, J. Salminen, M. Boddington, B. Thorpe, I. Wile, P. Toft et V. Armstrong. 1989. « PCDD/PCDF multimedia exposure analysis for the Canadian population: detailed exposure estimation. » *Chemosphere*, 19(1–6) : 637–642.

Carson, R. 1968. *Printemps silencieux*. Le Livre de Poche, Paris.

Chemical and Engineering News. 1983. Numéro du 6 juin.

Commission d'enquête sur les déchets dangereux. 1990. *Les déchets dangereux au Québec*. Les Publications du Québec, Québec.

Commission mixte internationale. 1978. *Accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs*.

Commission mixte internationale. 1987. *Rapport de 1987 sur la qualité de l'eau des*

Grands Lacs. Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Commission mixte internationale, Windsor (Ontario).

Elliott, J.E., P.E. Whitehead, D.G. Noble et R.J. Norstrom. 1989. « Organochlorine contaminants in seabird eggs from the Pacific coast of Canada, 1971–1986. » *Environmental Monitoring and Assessment*, 12 : 67–82.

Energy Pathways Inc. 1990. *L'atelier de consultation sur les sites contaminés.* Version définitive du compte rendu, les 23 et 24 avril 1990. Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Ottawa.

Environnement Canada. 1986*a*. *L'intégral. Système de gestion des produits chimiques.* Rapport d'un groupe de travail composé de représentants de l'industrie, des gouvernements, des syndicats, des groupes environnementalistes et des consommateurs. Ottawa.

Environnement Canada. 1986*b*. *Étude des répercussions de Bhopal : évaluation de la situation canadienne.* Ottawa.

Environnement Canada. 1989. *Toxic chemicals in the Arctic.* Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Fenco Newfoundland Lavalin. 1988. *Report on the economic profile of the hazardous waste management service subsector in Canada.* Rapport inédit. Direction des programmes industriels, Environnement Canada, Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1991. *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes. Synopsis.* Environnement Canada, Toronto; Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario); Santé et Bien-être social Canada, Ottawa.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique.* Rapport EDE n°90–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Institut canadien des produits pétroliers. 1990. *Plan d'action sur les huiles usées présenté par l'ICPP.* Ottawa.

Masse, R., D. Martineau, L. Tremblay et P. Béland. 1986. « Concentrations and chromatographic profile of DDT metabolites and polychlorobiphenyl (PCB) residues in stranded beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence estuary, Canada. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15 : 567–579.

Miller, A.B. 1984. « The information explosion: the role of the epidemiologist. » *Cancer Forum*, 8(3) : 67–75.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1986. *Stratégie municipale et industrielle de dépollution : politique et programme du Gouvernement de l'Ontario.* Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1991. *Report on the 1989 industrial direct discharges in Ontario.* Toronto.

Munro, G., W.P. Bradley et F. Neuber. 1990. *Profit from pollution prevention.* Vol. 1. The Pollution Probe Foundation, Toronto.

Newhook, R.C. 1988. *Polychlorinated biphenyls: multimedia exposure analysis.* Rapport inédit. Santé et Bien-être social Canada, Ottawa.

Noble, D.G. 1990. *Les contaminants chez les oiseaux de mer du Canada.* Rapport EDE n° 90–2. Service canadien de la faune et Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Noble, D.G., et J.E. Elliott. 1986. *Environmental contaminants in Canadian seabirds, 1968–1984: trends and effects.* Série de rapports techniques n° 13. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Sandman, P.M. 1987. « Risk communication: facing public outrage. » *Environmental Protection Agency Journal*, 13 (9) (novembre) : 21–22.

Statistique Canada. Dates diverses. *Accidents du travail. Annuel.* N° de catalogue : 72–208. Ottawa.

Strachan, W.M., et S.J. Eisenreich. 1988. *Mass balancing of toxic chemicals in the Great Lakes: the role of atmospheric deposition. Appendix I from the Workshop on the estimation of atmospheric loadings of toxic chemicals to the Great Lakes basin, Scarborough, Ontario, October 29–31, 1986.* Commission mixte internationale, Windsor (Ontario).

Tanabe, S., H. Tanaka et R. Taksukawa. 1984. « Polychlorinated biphenyls, Σ-DDT, and hexachlorocyclohexane isomers in the western North Pacific. » *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 13 : 731–738.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Coffel, S., et K. Feiden. 1990. *Indoor Pollution.* Ballantine, New York.

Commission mixte internationale. 1991. *Le nettoyage des Grands Lacs. Rapport sur les substances toxiques dans l'écosystème des Grands Lacs.* Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Commission mixte internationale, Windsor (Ontario).

Commission mixte internationale. 1991. *Les substances toxiques rémanentes : élimination virtuelle des apports dans les Grands Lacs.* Groupe de travail de la Commission mixte internationale sur l'élimination virtuelle, Windsor (Ontario).

Gouvernement du Canada. 1991. *Les produits chimiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes.* Deux volumes et synopsis. Environnement Canada, Toronto; Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario); Santé et Bien-être social Canada, Ottawa.

Kay, B.H. 1989. *Les polluants dans le milieu marin de la Colombie-Britannique : rapport sur l'état des connaissances.* Rapport EDE n° 90–1. Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

National Research Council. 1984. *Toxicity testing: strategies to determine needs and priorities.* National Academy Press, Washington, DC.

Zipko, S.J. 1990. *Toxic treat: how hazardous substances poison our lives.* Édition revue. Julian Messner, Englewood Cliffs, N.J.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par le personnel du Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa) à partir d'un avant-projet rédigé par Raymond Vles, de Pat Delbridge Associates (Montréal), avec des contributions du personnel d'Environnement Canada. David Francis a rédigé le manuscrit et l'a complété par de nombreuses idées et une nouvelle matière considérable.

L'élaboration de ce chapitre aurait été impossible sans les conseils opportuns et la collaboration, notamment, de Charalyn Kriz, Administration centrale, Colin Duerden, région de l'Atlantique, Rick Kussat, région du Pacifique et du Yukon, David Pascoe, région de l'Ontario, et Pat Vasudev, Administration centrale, Environnement Canada, et de Nick Previsich, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa). Greg Shaw et Tom Pierce, Rapport sur l'état de l'environnement, ont mené les recherches pour l'obtention de données et d'informations et ont revu des parties du manuscrit à diverses étapes de son élaboration. Sheila McCrindle, Rapport sur l'état de l'environnement, et Beatrice Olivastri, experte-conseil en environnement (Moose Creek, Ontario), ont contribué à l'élaboration du plan du chapitre. Hazen Thompson, Conservation et Protection, Environnement Canada (Ottawa), et Alan McAlees, Université de Guelph, ont préparé, à l'intention des auteurs, des documents de base sur les produits chimiques toxiques.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes: Doug Cook, Cook Enterprises (Toronto), et Bruce Walker, STOP (Montréal).

Peter Rodgers, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par Marla Sheffer.

22

GRACIEUSETÉ DE LA NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

POINTS SAILLANTS

Les Canadiens sont responsables d'environ 2% des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre naturels, comme le dioxyde de carbone, et de gaz à effet de serre synthétiques tels que les chlorofluorocarbones.

▪

Une analyse de carottes de glace de l'Antarctique a révélé de fortes corrélations positives entre la température de l'air et les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et de méthane au cours des 160 000 dernières années. Une augmentation des gaz à effet de serre équivalant à un doublement des concentrations préindustrielles de dioxyde de carbone pourrait élever les températures hivernales de 11 °C dans certaines parties du nord du Canada. Les températures estivales pourraient augmenter de 4 à 5 °C dans une grande partie du pays.

▪

L'économie canadienne repose sur des activités tributaires du climat, comme l'agriculture, la foresterie et la pêche. Dans le cas de l'agriculture, le réchauffement climatique allongerait la saison de croissance, mais des régions comme les Prairies pourraient connaître plus fréquemment de graves sécheresses. De plus, des sols en général pauvres empêcheraient toute extension notable de l'agriculture vers le nord, malgré des conditions climatiques plus favorables.

▪

Dans certains cas, le réchauffement climatique serait avantageux. Le coût du chauffage des locaux diminuerait et la saison de navigation sur les Grands Lacs et dans l'Arctique serait plus longue. Toutefois, si le niveau des Grands Lacs baisse, les navires devront avoir un plus faible tirant d'eau ou des chenaux plus profonds devront être dragués.

▪

Le niveau moyen de la mer est déjà à la hausse et, sous l'influence d'un réchauffement global, il s'élèvera plus rapidement en raison de la fonte des glaciers et de l'expansion des mers à mesure qu'elles se réchaufferont. Ce phénomène aura des incidences majeures sur la zone littorale : perte nette d'habitats palustres côtiers, inondation de certaines installations côtières et intrusions salines dans les nappes d'eau souterraines, par exemple.

▪

Le changement climatique est un problème global exigeant des interventions globales. Le Canada peut donner l'exemple en adoptant des mesures qui limitent les émissions de gaz à effet de serre ou qui tiennent compte des changements vraisemblables découlant du réchauffement.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 22-4

Le climat et le système climatique 22-5
Qu'est-ce que le climat? 22-5
Le système climatique 22-5

L'impact des activités humaines 22-8
Les sources et les niveaux d'émissions 22-8
Le climat de demain 22-12

Une évaluation de l'impact 22-16
Les provinces écoclimatiques 22-18
L'agriculture 22-19
Les forêts 22-20
L'élévation du niveau de la mer 22-21
Les pêches maritimes 22-22
Les eaux douces 22-23
Le pergélisol 22-24
Les aires protégées 22-24
La faune et les habitats 22-24
Le tourisme et les loisirs 22-25
Les transports 22-25
L'offre et la demande d'énergie 22-25
La santé et le bien-être physique 22-25
L'économie 22-25

Réagir : une nécessité 22-26

Les stratégies d'adaptation 22-27
Prévoir le réchauffement futur 22-27
Les stratégies visant à limiter les émissions 22-27
Les mesures prises jusqu'à maintenant 22-28
Le rôle du Canada 22-29

Ouvrages cités 22-29

Pour de plus amples renseignements 22-31

Remerciements 22-32

Liste des encadrés

22.1 Si le niveau de la mer montait d'un mètre à Charlottetown… 22-22
22.2 Le parc national de Prince-Albert 22-24

Liste des figures

22.1 Variation de la température dans l'Antarctique et des concentrations atmosphériques globales de dioxyde de carbone et de méthane au cours des 160 000 dernières années, d'après les données de la carotte de glace de Vostok prélevée dans l'Antarctique 22-7
22.2 Le cycle global du carbone 22-8
22.3 Contributions totales et contributions relatives des transports, de la production d'électricité, de l'utilisation résidentielle et commerciale de combustibles et de la consommation industrielle de combustibles aux émissions de dioxyde de carbone au Canada 22-9
22.4 Variation de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux au cours des 200 à 400 dernières années 22-10
22.5 Variation de la température moyenne globale de l'air en surface depuis 1861 22-13
22.6 Changement des températures hivernales au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les prévisions de quatre groupes de modélisation 22-15
22.7 Changement des températures estivales au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les prévisions de quatre groupes de modélisation 22-16
22.8 Changement de la teneur estivale en eau du sol au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les simulations de six groupes de modélisation 22-17
22.9 Variation moyenne globale de la température si le statu quo est maintenu, selon des modèles climatiques qui calculent la meilleure et la pire réaction à un doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux de l'ère préindustrielle 22-18
22.10 Répartition des provinces écoclimatiques au Canada : a) à l'heure actuelle; b) telle que prévue par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, à l'aide du modèle du Goddard Institute for Space Studies 22-19
22.11 Élévation moyenne globale projetée du niveau de la mer si rien n'est fait pour réduire les émissions de gaz à effet de serre 22-21
22.12 Balance des paiements internationaux du Canada, marchandises et invisibles, 1961–1990 22-26
22.13 Exportations nettes de marchandises du Canada par groupe de produits, pendant certaines années de 1972 à 1990 22-26
22.E1 Une élévation d'un mètre du niveau de la mer ferait augmenter sérieusement la menace d'inondation des régions littorales de Charlottetown 22-22

Liste des tableaux

22.1 Les dix pays dont les émissions totales et par habitant de dioxyde de carbone attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles sont les plus élevées 22-9
22.2 Estimation des émissions globales de méthane d'origine anthropique et naturelle 22-11
22.3 Estimation des émissions annuelles globales d'oxyde nitreux d'origine anthropique et naturelle 22-11
22.4 Sources d'émission de monoxyde de carbone au Canada, 1985 22-12
22.5 Concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane, d'oxyde nitreux, de CFC-11 et de CFC-12, à l'ère préindustrielle, en 1990 et prévues pour 2050 22-12
22.6 Ressources estimatives de la planète en combustibles fossiles récupérables et augmentation estimative des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone qui se produirait si ces ressources étaient utilisées et que la moitié des émissions de dioxyde de carbone restaient dans l'atmosphère 22-13
22.7 Augmentation moyenne de la température de l'air à la surface de la Terre si la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone doublait par rapport à celle de l'ère préindustrielle, comme la prévoient différents groupes de modélisation 22-14
22.8 Engagements de divers gouvernements nationaux envers une réduction de la contribution de leur pays aux émissions mondiales de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre [méthane et oxyde nitreux] 22-28

> « Tout le monde parle du temps, mais qu'est-ce que cela y fait? »
>
> Charles Dudley Warner éditorial du 24 août 1897, *The Hartford Courant*

INTRODUCTION

Il y a près de 10 000 ans, la Terre émergeait brusquement du dernier de ses âges glaciaires périodiques avec le début de l'actuelle période plus clémente. Pendant quelques millénaires, la planète s'est réchauffée rapidement, les vastes calottes glaciaires ont reculé et la physionomie de notre monde s'est radicalement transformée. Étant donné que les organismes vivants dépendent étroitement du climat, la fin de la période glaciaire a amené une redistribution massive des écosystèmes à mesure que des espèces colonisaient de nouveaux environnements hospitaliers, abandonnaient les anciens milieux devenus hostiles ou périssaient, faute de pouvoir s'adapter aux nouvelles conditions.

Les conditions climatiques ont été relativement stables depuis la dernière glaciation, la température moyenne à la surface de la Terre ne variant que d'un ou deux degrés par rapport aux valeurs contemporaines. Toutefois, même ces fluctuations relativement modestes ont souvent eu des effets marquants sur les milieux naturels ainsi que sur la répartition et la survie des espèces.

Pendant cette période, l'explosion démographique a été sans précédent, les humains établissant des sociétés agricoles permanentes et forgeant des civilisations élaborées et avancées. Mais la survie des sociétés humaines dépend également du climat et les fluctuations climatiques des 10 000 dernières années ont influé sur l'abandon d'établissements humains, la migration de populations et même l'effondrement de civilisations.

Nos civilisations n'ont pas encore connu de changement climatique aussi important que celui survenu à la fin du dernier âge glaciaire. Toutefois, au cours des prochaines décennies, nous pourrions assister à un changement climatique d'une ampleur encore inégalée depuis le début de l'histoire de l'humanité et n'ayant aucun équivalent dans l'histoire géologique récente. Dès le milieu du siècle prochain, les températures moyennes à la surface de la Terre pourraient être plus élevées que pendant les derniers millions d'années. Cette transition sera cependant différente des changements climatiques antérieurs à deux égards. En premier lieu, elle se produira beaucoup plus rapidement que tous les changements antérieurs d'une ampleur similaire et, en deuxième lieu, elle ne sera pas le fruit des forces de la nature. Elle sera plutôt le résultat des perturbations anthropiques d'un système naturellement équilibré : les gaz libérés dans l'atmosphère et les bouleversements dans l'utilisation des terres se seront conjugués pour modifier de façon décisive la composition de l'atmosphère.

Les estimations de l'ampleur possible du réchauffement à venir sont variables. Toutefois, une étude récente effectuée par un groupe international de chercheurs laisse supposer que la planète pourrait se réchauffer en moyenne de 1 °C au cours des 35 prochaines années et de 3 °C d'ici 2100 à moins que des mesures sévères ne soient prises pour inverser les tendances actuelles des émissions de gaz à effet de serre (Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique, 1990). De telles variations de température peuvent sembler relativement négligeables, mais il ne faut pas oublier que ce sont des moyennes globales et que la différence entre les températures moyennes à la surface du globe à notre époque et au plus fort de la dernière période glaciaire n'est que de 4 à 5°C. De plus, le réchauffement pourrait se produire jusqu'à 100 fois plus rapidement que celui survenu à la fin du dernier âge glaciaire.

Il faut s'attendre qu'un changement climatique aussi rapide et profond ait des conséquences d'une portée considérable et, dans de nombreux cas, imprévisibles non seulement sur les sociétés humaines, mais également sur toutes les formes de vie de la Terre. Parmi les effets directs d'un tel réchauffement, mentionnons des modifications de la fréquence, de la quantité et de la répartition saisonnière des précipitations, une tendance à l'augmentation de l'évaporation et à l'assèchement des

régions continentales intérieures, une élévation du niveau de la mer, des modifications des courants océaniques, le dégel du pergélisol et la fonte de la neige et de la glace de mer. Le Canada, avec le plus long littoral du monde, de vastes lacs intérieurs et un pergélisol sous-jacent à la moitié de la superficie de ses terres, sera inévitablement touché.

De plus, l'économie canadienne repose sur des activités tributaires du climat, comme l'agriculture, la foresterie et la pêche. Le changement climatique exercera d'énormes pressions sur les bases biologiques de ces industries. Dans bon nombre de cas, il intensifiera également les effets d'autres agressions atmosphériques, comme une exposition accrue au rayonnement ultraviolet, au smog photochimique et aux dépôts acides. Ces pressions simultanées se traduiront sans doute par un dépérissement et un appauvrissement marqués des forêts du globe et par l'extinction d'espèces animales et végétales qui viendront s'ajouter à celles déjà disparues à cause de la destruction des habitats naturels par les humains.

La population humaine grandissante exercera de très fortes pressions sur les systèmes agricoles mondiaux pour satisfaire ses besoins. Le rendement agricole devrait diminuer dans certaines régions et augmenter dans d'autres, mais on ne peut prédire à l'avance qui gagnera et qui perdra. Même les « gagnants » devraient être touchés par une diminution de la production alimentaire dans d'autres régions et par l'instabilité politique et économique qui s'ensuivra. Avec un changement climatique rapide et sans limite, les gagnants d'un jour pourront devenir les perdants de demain. Tout le monde sera menacé.

La perspective d'un changement climatique important et rapide découle principalement des activités liées à l'énergie (qui sont également la principale cause des problèmes concomitants de dépôts acides et de pollution atmosphérique). Afin d'éviter les pires effets d'un réchauffement global rapide, les Canadiens et les citoyens d'autres pays doivent envisager de modifier fondamentalement les types et les quantités d'énergie qu'ils consomment, et ils devront modifier leur mode de vie. S'ils agissent rapidement et énergiquement, ils éviteront bon nombre des répercussions d'un changement climatique rapide, mais probablement pas toutes.

LE CLIMAT ET LE SYSTÈME CLIMATIQUE

Qu'est-ce que le climat?

La plupart des gens définissent intuitivement le climat comme étant l'ensemble des conditions météorologiques habituelles à long terme d'une région. Ils l'associent à des températures saisonnières caractéristiques, à la quantité de neige en hiver, à la tendance des étés à être humides ou secs, à la fréquence relative d'événements extrêmes comme les tornades ou les blizzards, etc.

Sur le plan scientifique, le climat peut être quantifié de deux façons : en premier lieu, par les valeurs *moyennes* des principaux éléments climatiques que sont la température, les précipitations, les heures d'ensoleillement, la durée de la saison de végétation et l'accumulation de glace, et, en deuxième lieu, en fonction de la *variabilité* de ces éléments, c'est-à-dire de l'importance et de la fréquence des écarts par rapport aux valeurs moyennes. Une simple comparaison des températures de Toronto et de Prince-Rupert illustre bien ce qui précède. Les températures annuelles moyennes de ces deux endroits sont similaires, soit 7,3 °C pour l'aéroport international de Toronto et 6,7 °C pour l'aéroport de Prince-Rupert. Toutefois, il n'en va pas de même pour la variabilité de la température puisque la différence entre les températures moyennes de janvier et celles de juillet à Toronto est importante, soit 27,3 °C, tandis qu'elle n'est que de 13,3 °C à Prince-Rupert. Il en résulte donc, uniquement sur le plan de la température, deux climats très différents, l'un caractérisé par des hivers froids et des étés chauds et l'autre, par des hivers doux et des étés frais.

Le changement climatique se manifestera donc par un changement des moyennes, ou de la variabilité, ou des deux. Des modifications mineures des moyennes, même en l'absence de changement de variabilité, peuvent avoir une influence marquée sur la fréquence des phénomènes extrêmes. Par exemple, une faible augmentation de 1 °C de la température moyenne pourrait entraîner une augmentation importante du nombre de vagues de chaleur à certains endroits. Le changement climatique se manifesta le plus vraisemblablement par des modifications de la fréquence de phénomènes extrêmes. Pour la plupart des gens, il se traduira par une augmentation des fléaux météorologiques. Les gens dont les activités sont directement touchées par la variabilité du climat connaîtront de nouvelles difficultés et devront relever de nouveaux défis. Ainsi, les agriculteurs pourront faire face à des menaces accrues de sécheresse, tandis que les ingénieurs devront tenir compte, au stade de la conception des ouvrages, de la possibilité de nouvelles conditions météorologiques extrêmes.

Le système climatique

Le système climatique de la Terre est constitué d'une multitude complexe d'éléments en interaction. Le moteur premier de ce système est le Soleil; son énergie réchauffe la Terre et, de ce fait, entraîne les mouvements de l'air et des océans et donne lieu aux processus d'évaporation et de précipitations du cycle de l'eau. Toutefois, de nombreux autres facteurs modifient la façon dont cette énergie est absorbée et répartie sur l'ensemble de la planète et, par conséquent, sur la façon dont le climat de la Terre est modelé. Outre l'atmosphère et les océans, le système climatique inclut l'eau douce, les plantes et les animaux, la glace et la neige, les masses terrestres et même la croûte terrestre.

Certains gaz de l'atmosphère qui absorbent le rayonnement infrarouge jouent l'un des rôles les plus importants dans ce système. Ce sont les gaz dits à effet

de serre. Le plus répandu est la vapeur d'eau, mais les autres gaz d'origine naturelle — le dioxyde de carbone, l'ozone, le méthane et l'oxyde nitreux — sont également présents à l'état de traces. La Terre réémet sous forme de rayonnement infrarouge l'énergie reçue du Soleil; une partie de ce rayonnement est absorbée et renvoyée par les gaz à effet de serre dans la basse atmosphère, ce qui a pour effet net d'augmenter la température à la surface de la Terre d'environ 33 °C. C'est grâce à cet « effet de serre », terme consacré par l'usage[1], que les températures moyennes de la Terre demeurent dans la gamme des valeurs permettant aux formes de vie que nous connaissons d'exister.

Les divers éléments du système climatique agissant comme un tout interrelié et équilibré, toute variation d'un élément est susceptible de provoquer des changements chez les autres, forçant le système à se réadapter jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint. Le changement est en fait une caractéristique fondamentale du système et survient à de nombreuses échelles différentes de temps et de grandeur, allant de fluctuations mineures étalées sur des décennies ou des siècles, en passant par des oscillations de l'âge glaciaire sur une échelle temporelle de 100 000 ans, jusqu'aux transformations provoquées par des processus tectoniques et échelonnées sur 100 millions d'années.

Les indices des changements climatiques survenus antérieurement sont nombreux. Les reliefs modelés par la progression et le recul des grandes calottes glaciaires attestent les âges glaciaires. Les propriétés chimiques des sédiments marins et des masses de glace polaire ainsi que la variation des teneurs en pollen des sédiments des lacs et des tourbières sont d'autres signes des changements climatiques du passé. Ces traces permettent de suivre le cycle d'accumulation et d'ablation glaciaires (100 000 ans) des 600 000 dernières années.

[1] Le terme «gaz à effet de serre» est en fait mal approprié, car une serre emprisonne relativement peu de rayonnement infrarouge. La chaleur d'une serre est principalement attribuable à l'absence d'échange de chaleur par convection avec l'air environnant.

Notre climat actuel s'est installé il y a environ 10 000 ans, avec la fin du dernier âge glaciaire. Depuis lors, plusieurs changements climatiques à petite échelle se sont produits. Ainsi, des plantes fossiles et l'évolution des sols révèlent que la limite septentrionale des arbres s'est déplacée à maintes reprises de plusieurs centaines de kilomètres vers le nord et le sud (Sorenson et collab., 1971). De façon similaire, les sédiments lacustres et les moraines des Rocheuses laissent voir que les glaciers alpins ont subi plusieurs épisodes de progression et de recul accompagnés en parallèle de modifications des horizons de végétation de l'étage subalpin (Luckman et Kearny, 1986).

Le changement climatique peut être provoqué par des modifications d'un ou de plusieurs éléments constituants du système climatique ou par des facteurs externes. Ainsi, l'oscillation entre des conditions glaciaires et non glaciaires qui a caractérisé les deux derniers millions et demi d'années de l'histoire de la Terre a été déclenchée par des facteurs externes, c'est-à-dire par des variations périodiques de l'orbite de la planète qui se sont produites sur des échelles de 10 000 à 100 000 ans. Certains changements climatiques ont également pu être causés par des variations de l'énergie solaire ou de la fréquence et de l'intensité des éruptions volcaniques. Sur une échelle de plusieurs millions d'années, la dérive des continents, le soulèvement des chaînes de montagnes et des plateaux ainsi que l'expansion et la fermeture de mers (comme la Méditerranée) ont joué un rôle important dans les changements climatiques antérieurs.

L'ampleur de ces changements est souvent fonction de l'existence de mécanismes internes de rétroaction entre les éléments du système climatique. Des rétroactions négatives atténuent un changement en provoquant des modifications dans d'autres éléments du système climatique, ce qui contrebalance le changement initial. Ainsi, un réchauffement du climat peut entraîner une augmentation de la couverture nuageuse de l'étage inférieur en raison d'un degré plus élevé d'évaporation. Cette plus grande nébulosité peut diminuer à son tour la quantité d'énergie solaire atteignant la surface de la Terre et avoir un effet refroidissant, contrebalançant ainsi le réchauffement originel.

Bon nombre des interactions entre les éléments du système climatique sont des rétroactions négatives et servent à stabiliser le système. Cependant, les rétroactions positives amplifient le changement survenu à l'origine. Par exemple, si un réchauffement du climat entraîne la fonte de vastes étendues de glace et de neige, la surface de la Terre aura un moins grand pouvoir de réflexion et absorbera une plus grande quantité d'énergie solaire, intensifiant ainsi l'effet de réchauffement.

Les diverses rétroactions positives et négatives entrent en jeu à des échelles temporelles très différentes. Par conséquent, le climat est variable et il offre une combinaison infinie de configurations météorologiques. Les réactions restent souvent de petite envergure jusqu'à ce qu'un seuil donné soit atteint et qu'il se produise un changement important et soudain. Les relevés géologiques laissent supposer que le système climatique peut rapidement passer d'un état moyen à long terme à un autre, chaque état étant constitué de ses propres configurations particulières de variabilité.

L'une des caractéristiques les plus frappantes des variations climatiques antérieures est la corrélation remarquablement étroite entre la température et les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et de méthane, les deux principaux gaz à effet de serre. La figure 22.1 illustre clairement ce phénomène et compare les variations de température dans l'Antarctique, au cours des 160 000 dernières années, aux concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et de méthane pendant cette même période. Les données proviennent de carottes de glace prélevées en profondeur dans la calotte glaciaire de l'Antarctique. Les températures ont été déduites à partir de la composition chimique de la glace, et les concentrations de dioxyde de carbone

et de méthane ont été relevées dans des bulles d'air emprisonnées dans la glace au moment de sa formation. La figure montre que les concentrations des deux gaz à effet de serre étaient uniformément élevées lorsque le climat était chaud et faibles lorsque le climat était froid.

Les changements climatiques représentés à la figure 22.1 ont été en grande partie déclenchés par des variations de l'orbite de la Terre, mais les variations des concentrations de dioxyde de carbone et de méthane semblent avoir renforcé et amplifié les fluctuations initiales, exerçant ainsi un puissant effet de rétroaction positive. Les variations des concentrations de ces gaz se seraient produites pendant que la biosphère et les océans s'adaptaient au changement climatique initial et à la modification de l'ensoleillement saisonnier provoqué par le changement d'orbite.

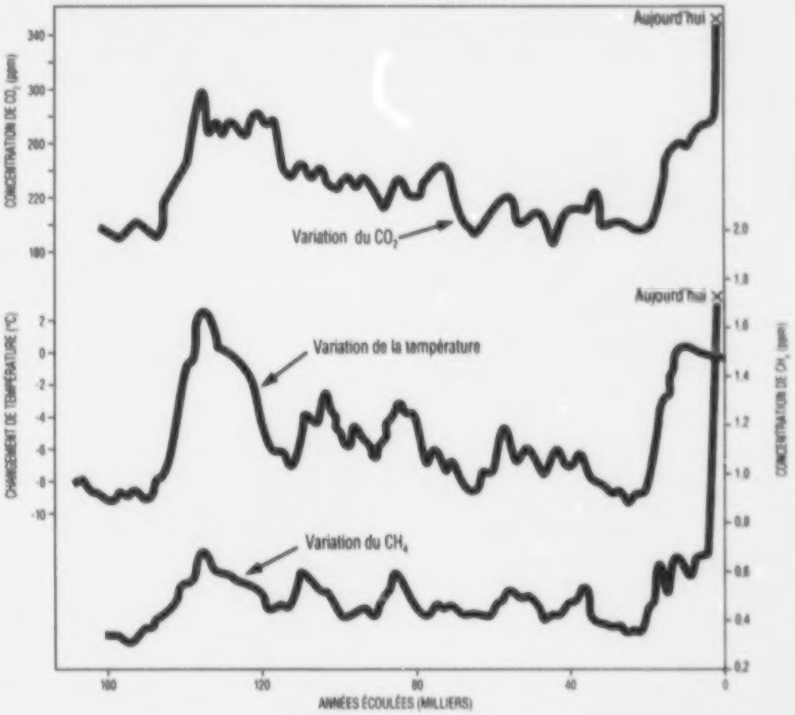
Pour bien comprendre pourquoi la biosphère et les océans jouent un rôle capital dans ce phénomène, il faut étudier le cycle du carbone. L'une des caractéristiques uniques de notre planète est que l'élément carbone, l'un des principaux constituants de la matière vivante, est continuellement et rapidement échangé entre différents réservoirs. L'un d'eux est l'atmosphère, véritable station de transfert du carbone : des échanges ont lieu entre l'atmosphère et la biosphère (photosynthèse et décomposition), l'océan (échanges gazeux) et les roches de la croûte terrestre (altération et gaz rejetés par les volcans).

La figure 22.2 illustre le cycle du carbone et ses divers réservoirs. Chaque carré représente un réservoir différent et les chiffres indiquent la masse de carbone, en milliards de tonnes, qu'il contient. Les flèches et les chiffres entre les carrés représentent les échanges ou les flux de carbone en milliards de tonnes par année.

L'atmosphère renferme près de 750 milliards de tonnes de carbone sous forme de dioxyde de carbone.

FIGURE 22.1

Variation de la température dans l'Antarctique et des concentrations atmosphériques globales de dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4) au cours des 160 000 dernières années, d'après les données de la carotte de glace de Vostok prélevée dans l'Antarctique



Source : Chappellaz et collab., 1990.

La photosynthèse en consomme environ 120 milliards de tonnes par année, mais la respiration des végétaux et la décomposition des détritus et de la matière organique du sol en restituent une quantité à peu près équivalente dans l'atmosphère. Les plantes vivantes renferment environ 560 milliards de tonnes de carbone et les détritus et les sols de la planète, près de 1 400 milliards de tonnes. Le Canada est l'une des principales régions de stockage du carbone de la planète. On estime qu'environ 35 milliards de tonnes de carbone sont emmagasinées dans les forêts boréales, qui couvrent 29 % du pays. Les dépôts de tourbe et de muskeg, dont une grande partie sont emprisonnés dans le pergélisol, en renferment de 100 à 150 autres milliards de tonnes.

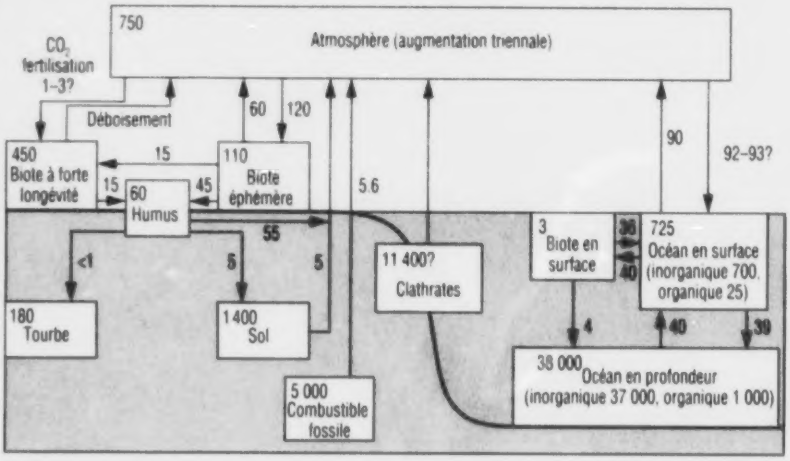
À l'échelle du globe, près de 11 000 milliards de tonnes de carbone se trouvent dans des clathrates, qui sont des complexes de molécules d'eau et de méthane présents dans les sédiments sous la plate-forme continentale océanique et dans certaines zones côtières à pergélisol. Toutefois, les océans, avec leurs 38 000 milliards de tonnes de carbone, sont le plus gros réservoir et un agent déterminant dans la concentration atmosphérique à long terme de dioxyde de carbone.

Le changement climatique, en influant sur des facteurs comme les taux de croissance et de mortalité des plantes et des animaux et l'échange de dioxyde

FIGURE 22.2

Le cycle global du carbone

Les chiffres dans les cases représentent les milliards de tonnes de carbone, et ceux entre les cases représentent les flux de carbone en milliards de tonnes par année.



Source : MacDonald, 1990.

de carbone entre les océans et l'atmosphère, entraînera une variation de la répartition du carbone entre ces divers réservoirs. La concentration atmosphérique de dioxyde de carbone fluctuera donc de façon naturelle, selon que les conditions climatiques entraîneront un plus grand apport dans les océans ou dans la biosphère ou, au contraire, selon que ces sources en rejetteront une quantité plus importante dans l'atmosphère.

L'IMPACT DES ACTIVITÉS HUMAINES

Les sources et les niveaux d'émissions

Le cycle naturel du carbone est un système étroitement équilibré. Toutefois, au cours des 200 dernières années, les activités humaines ont bouleversé cet équilibre. Avec l'avènement de la révolution industrielle, on a commencé à utiliser des quantités massives et sans cesse croissantes de combustibles fossiles pour produire de l'énergie, libérant ainsi dans l'atmosphère les énormes quantités de carbone stockées dans ces substances. Concurremment, la population, en raison de son expansion rapide, a commencé à consommer une partie de plus en plus grande des forêts du globe à mesure qu'augmentait la demande de combustibles, de matériaux de construction et, par dessus tout, de terres agricoles. La destruction progressive des forêts s'est traduite par de nouvelles perturbations du cycle naturel du carbone.

La consommation de combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon) ajoute chaque année dans l'atmosphère près de 22 milliards de tonnes de dioxyde de carbone, soit environ 6 milliards de tonnes de carbone. Le déboisement représente probablement 1,6 à 2,7 milliards de tonnes de carbone de plus (Houghton, 1991). Ces quantités peuvent sembler faibles en comparaison des flux importants du cycle naturel du carbone. Toutefois, les déséquilibres à long terme des flux à destination et en provenance de l'atmosphère dans le cycle naturel sont généralement bien inférieurs à un milliard de tonnes par année. En comparaison de ce déséquilibre relativement mineur, les flux attribuables aux activités humaines sont en fait très importants. Il s'ensuit donc que la race humaine altère radicalement ce qui avait été un système naturel presque parfaitement équilibré.

Le tableau 22.1 énumère les 10 pays dont les émissions totales et par habitant de dioxyde de carbone attribuables à l'utilisation des combustibles fossiles sont les plus élevées. Le Canada, qui est à l'origine de seulement 2 % des émissions globales, détient l'une des premières places pour les quantités d'émissions par habitant : environ 4,4 tonnes de carbone pour chaque homme, femme et enfant du pays. La figure 22.3 montre la répartition de ces émissions entre les différentes activités.

Le déboisement et le brûlage de la biomasse qui y est associé constituent une source majeure de dioxyde de carbone, de même qu'une source importante de monoxyde de carbone, d'oxyde nitreux et d'autres polluants. Les incertitudes entourant ces émissions sont beaucoup plus grandes que celles reliées à la combustion de combustibles fossiles.

Parmi tous les gaz à effet de serre rejetés dans l'atmosphère par les activités humaines, le dioxyde de carbone est le plus important. Il est la cause de près de 60 % de l'effet de serre supplémentaire observé jusqu'à présent et devrait constituer de 50 à 75 % de toute intensification future de cet effet. Il est intéressant de noter que d'autres gaz à effet de serre sont des absorbeurs plus puissants du rayonnement infrarouge que le dioxyde de carbone, mais leur impact global est moindre, car ils ne se trouvent qu'en quantités beaucoup plus petites dans l'atmosphère.

Ainsi, le méthane piège 25 à 30 fois plus de rayonnement infrarouge par molécule que le dioxyde de carbone. Il agit surtout sur le réchauffement attribuable à l'effet de serre pendant sa

vie atmosphérique relativement courte d'environ dix ans, mais comme il est finalement transformé en dioxyde de carbone, il continue de contribuer à l'effet de serre longtemps après avoir été libéré.

Le méthane se forme lors de la décomposition de la matière organique en l'absence d'oxygène. Les tourbières et les marécages en sont une source naturelle majeure, mais des quantités importantes sont également produites par des insectes comme les termites et par des ruminants comme les ovins et le bétail. Le tableau 22.2 montre toutefois que les émissions d'origine anthropique semblent déjà dépasser les émissions naturelles. Les émissions provenant de la production d'énergie ne sont pas négligeables, mais la plus grande partie des émissions anthropiques proviennent de changements d'utilisation des terres, notamment l'expansion des rizières, des pâturages et des décharges.

Une nouvelle consultation de la figure 22.1 nous permet de voir l'impact des activités humaines sur l'abondance du dioxyde de carbone et du méthane dans l'atmosphère. Ainsi, lors des énormes oscillations climatiques des 160 000 dernières années, les concentrations de ces gaz sont restées dans des limites étroites : entre 180 et 290 ppm en volume (ppmv) dans le cas du dioxyde de carbone et entre 0,3 et 0,7 ppmv dans le cas du méthane. Cependant, il y a un peu plus de 200 ans — c'est-à-dire vers le début de la révolution industrielle et de l'explosion démographique — les concentrations de ces gaz ont commencé à augmenter rapidement et à dépasser les limites de la variabilité naturelle récente. La figure 22.4 illustre les tendances des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et de méthane du milieu des années 1700 jusqu'à l'heure actuelle. À la fin des années 1980, la concentration de dioxyde de carbone avait augmenté de 25 % par rapport à celle de la période préindustrielle, passant de 280 à 350 ppmv. Pendant cette même période, la concentration de méthane avait plus que doublé, passant de 0,8 à 1,7 ppmv.

[illegible]

Les dix pays dont les émissions totales et par habitant de dioxyde de carbone attribuables à l'utilisation de combustibles fossiles sont les plus élevées

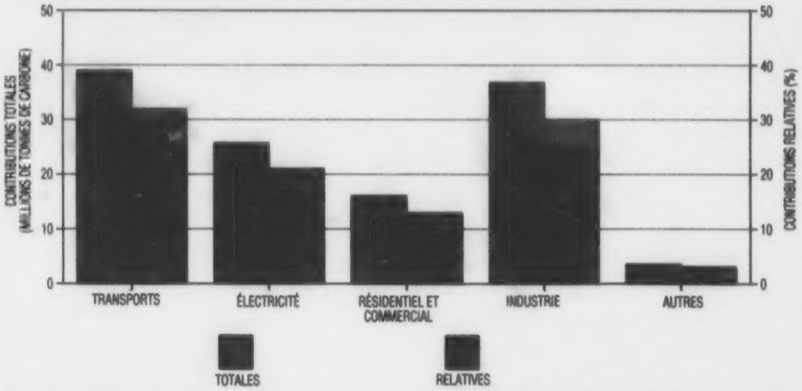
Les données sont celles de 1980 à 1982, mais elles n'ont pas beaucoup changé dans le cas des principaux émetteurs de dioxyde de carbone figurant ci-dessous.

Pays	Émissions totales (millions de tonnes de carbone par année)	Pays	Émissions par habitant (tonnes de carbone par année)
États-Unis	1 135	Allemagne de l'Est	5,0
URSS	901	États-Unis	4,9
Chine	413	Canada	4,4
Japon	226	Tchécoslovaquie	4,2
Allemagne de l'Ouest	181	Australie	3,8
Royaume-Uni	141	URSS	3,3
Pologne	112	Belgique	3,3
France	110	Pologne	3,1
Canada	108	Allemagne de l'Ouest	2,9
Inde	105	Royaume-Uni	2,5

Source : Rotty, 1987, dans le cas des émissions de combustibles fossiles, et Nations Unies, 1990, dans le cas des données sur la population.

[illegible]

Contributions totales et contributions relatives des transports, de la production d'électricité, de l'utilisation résidentielle et commerciale de combustibles et de la consommation industrielle de combustibles aux émissions de dioxyde de carbone au Canada

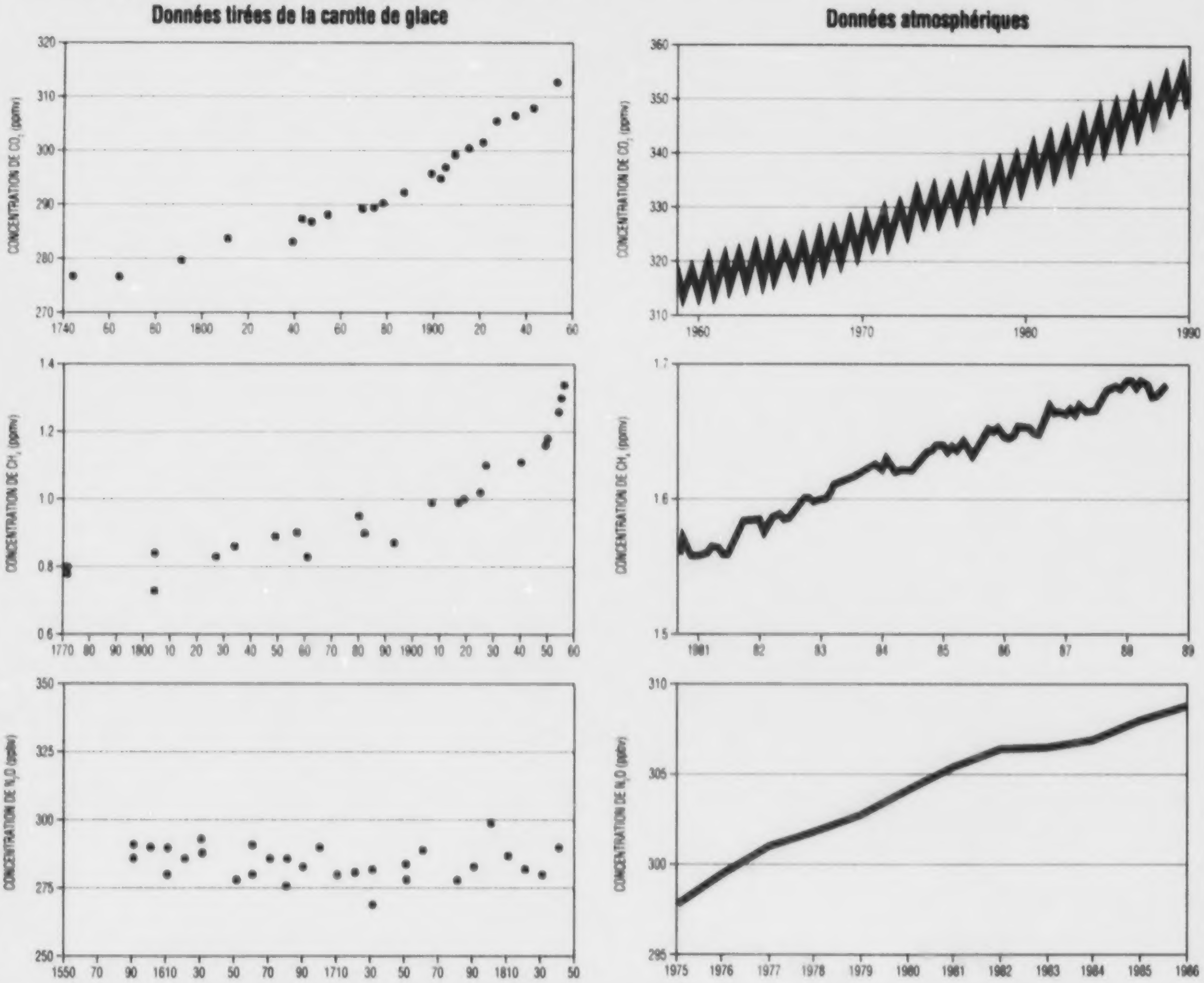


Source : Jaques, 1990

Parmi les autres gaz à effet de serre puissants, mentionnons les CFC (groupe de composés entièrement synthétiques), l'oxyde nitreux et l'ozone. Les CFC ont un pouvoir de réchauffement plusieurs milliers de fois supérieur à celui du dioxyde de carbone, même si leurs concentrations atmosphériques sont relativement faibles. Leur production devrait cesser d'ici la fin du siècle, car ils menacent la couche d'ozone. Néanmoins,

FIGURE 22.4

Variation de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O) au cours des 200 à 400 dernières années



Sources : Neftel et collab., 1985; Bolle et collab., 1986; Pearman et collab., 1986; Khalil et Rasmussen, 1988*b*; Boden et collab., 1990.

comme ils séjournent longtemps dans l'atmosphère, ils continueront d'influer sur le réchauffement global pendant la plus grande partie du prochain siècle. De plus, il peut se révéler impossible, du moins au début, de remplacer tous les CFC par des composés moins dommageables pour la couche d'ozone et laissant passer le rayonnement infrarouge. Certains des substituts proposés, comme les hydrochlorofluorocarbures et les hydrofluorocarbures, sont encore des gaz à effet de serre très efficaces, mais leur temps de séjour dans l'atmosphère est nettement inférieur (Fisher et collab., 1990).

L'oxyde nitreux, probablement mieux connu sous le nom de « gaz hilarant », a déjà été utilisé comme anesthésique en médecine dentaire. Il n'est pas un gaz à effet de serre aussi puissant que les CFC, mais il est plusieurs centaines de fois plus efficace que le dioxyde de carbone. Il est produit naturellement dans le sol et l'eau mais, d'après le tableau 22.3, les émissions d'origine anthropique — provenant en grande partie des engrais utilisés en agriculture, des combustibles fossiles et de l'expansion des terres agricoles — constituent maintenant près du tiers des émissions de ce gaz.

L'ozone se trouve principalement dans la haute atmosphère où il forme l'ozonosphère et absorbe les rayons solaires ultraviolets. Une quantité

Estimation des émissions globales de méthane d'origine anthropique et naturelle

Origine	Taux d'émission (milliards de kilogrammes de carbone par année)
Anthropique	
Ruminants	65–100
Rizières	60–170
Brûlage de la biomasse	50–100
Décharges	30–70
Exploitation du charbon	25–45
Torchage du gaz naturel	25–50
Total des émissions d'origine anthropique	255–535
Naturelle	
Marais et marécages	100–200
Lacs	1–25
Océans	5–20
Total des émissions d'origine naturelle	106–245
Grand total	**361–780**

Source : Cicerone et Oremland, 1988.

Estimation des émissions annuelles globales d'oxyde nitreux d'origine anthropique et naturelle

Origine	Taux d'émission (milliards de kilogrammes d'azote par année)
Anthropique	
Engrais	0,6–3,0
Augmentation de la superficie cultivée	0,2–3,0
Combustion de combustibles fossiles	1–4
Brûlage de la biomasse	1–2
Total des émissions d'origine anthropique	3–12
Naturelle	
Eau salée et eau doucer	1–9
Sols naturels	6–13
Foudre	< 0,1
Total des émissions d'origine naturelle	7–22
Grand total	**10–34**

Source : Bolle et collab., 1986.

beaucoup plus faible de ces gaz est présente dans la couche inférieure de l'atmosphère, la troposphère, où il est un polluant toxique et un gaz à effet de serre. Une certaine quantité d'ozone est produite par les activités industrielles, mais la quasi-totalité de l'ozone de la troposphère est un sous-produit naturel d'un cycle où interviennent des réactions chimiques avec les oxydes d'azote. En atmosphère propre, l'ozone est rapidement décomposé par réaction avec l'oxyde nitrique et d'autres gaz comme le monoxyde de carbone. Dans une atmosphère contaminée par de fortes concentrations d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils, toutefois, l'ozone est *créé* par réaction avec des composés renfermant du carbone. Sous les latitudes moyennes à élevées de l'hémisphère Nord, les concentrations d'ozone troposphérique ont plus que doublé au cours des cent dernières années (Hough et Derwent, 1990).

Le monoxyde de carbone, tout en n'étant pas lui-même un gaz à effet de serre, contribue aussi indirectement à l'accumulation de méthane dans l'atmosphère. Le méthane est décomposé essentiellement par réaction avec le radical libre oxhydryle[2]. Le monoxyde de carbone réagit rapidement, aussi, avec le radical libre oxhydryle et, par conséquent, les concentrations accrues de monoxyde de carbone font disparaître de l'atmosphère le drain le plus important de méthane. Comme il est indiqué au tableau 22.4, la plupart des émissions de monoxyde de carbone au Canada proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles, notamment par le secteur des transports. Selon les estimations, la concentration de monoxyde de carbone dans l'hémisphère Nord a doublé depuis le début de la révolution industrielle (Khalil et Rasmussen, 1988*a*). Ce doublement aurait entraîné une diminution de la concentration du radical libre oxhydryle d'environ 20 %, accroissant ainsi le temps de séjour du méthane dans l'atmosphère et sa concentration. Il a été estimé que le tiers de l'augmentation du méthane dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle pourrait être attribuable uniquement aux émissions de monoxyde de carbone (Thompson et Cicerone, 1986). De plus, le monoxyde de carbone peut également prolonger le temps de séjour des hydrochlorofluorocarbures et des hydrofluorocarbures (des substituts des CFC) dans l'atmosphère, augmentant ainsi leur potentiel de réchauffement de l'atmosphère et d'appauvrissement de la couche d'ozone.

Si rien n'est fait pour limiter l'utilisation des combustibles fossiles, les émissions globales et, par conséquent, les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone devraient monter en flèche au cours des décennies à venir. En outre, les concentrations des autres gaz à effet de serre, soit le méthane, l'oxyde nitreux et l'ozone troposphérique, augmenteraient également. Le tableau 22.5 laisse voir l'ampleur de ces augmentations. On y trouve une comparaison entre les valeurs préindustrielles et actuelles des cinq principaux gaz à effet de serre, en plus des projections de ces concentrations pour 2050 à partir de deux scénarios très différents : le premier suppose que rien n'est tenté pour limiter l'accumulation de ces gaz et le second, que des politiques énergiques sont adoptées en vue de leur limitation.

En l'absence de restrictions sur l'utilisation des combustibles fossiles, jusqu'à quel point les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone pourraient-elles augmenter? Une limite supérieure peut être établie d'après une estimation de la quantité de ressources en combustibles fossiles récupérables. Le tableau 22.6 présente ces données pour différents combustibles fossiles et indique que les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone pourraient finir par être cinq à dix fois

[2] Un radical est un fragment extrêmement réactif d'une molécule stable. Il est différent de l'ion réactif, car il est neutre.

TABLEAU 22.4

Sources d'émission de monoxyde de carbone au Canada, 1985

Source	Émissions totales (milliers de tonnes par année)	Pourcentage
Véhicules utilitaires légers	4 880	45,3
Véhicules utilitaires moyens	567	5,3
Véhicules utilitaires lourds	436	4,0
Transport hors-route	250	2,3
Moteurs industriels	1 028	9,5
Transformation des combustibles	62	0,6
Combustion de combustibles (énergie non électrique)	1 208	11,2
Production d'électricité	56	0,5
Procédés industriels	713	6,6
Autre	1 578	14,6
Total	**10 780**	**100,0**

Source : Kosteltz et Deslauriers, 1990.

TABLEAU 22.5

Concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4), d'oxyde nitreux (N_2O), de CFC-11 et de CFC-12, à l'ère préindustrielle, en 1990 et prévues pour 2050

Gaz	Concentration			
	Ère préindustrielle	1990	2050	
			Aucune restriction	Restrictions imposées
CO_2	280 ppmv[a]	356	450–600	400–450
CH_4	0,7 ppmv	1,7	2,5–4,0	2,0–2,5
N_2O	0,29 ppmv	0,31	0,40–0,60	0,35–0,40
CFC-11	0,0 pptv[b]	270	450	390
CFC-12	0,0 pptv	458	830	480

[a] ppmv = parties par million en volume. [b] pptv = parties par trillion en volume.

Source : Harvey, 1989.

supérieures à la concentration préindustrielle de 280 ppm[3]. Si l'effet de réchauffement provoqué par des augmentations des concentrations des autres gaz à effet de serre est pris en compte, l'effet total serait équivalent à celui provoqué par des augmentations encore plus importantes de dioxyde de carbone.

Les concentrations actuelles des principaux gaz à effet de serre étant déjà de beaucoup supérieures aux concentrations les plus élevées des 160 000 dernières années, on peut se demander avec raison s'ils n'ont pas déjà un impact mesurable sur la température globale. La figure 22.5, qui présente un graphique de la variation des températures moyennes de l'air à la surface du globe depuis 1861, montre un réchauffement d'environ 0,5 °C au cours des 85 dernières années (Jones et Wigley, 1990). Divers indicateurs permettent toutefois de supposer que les températures globales ont fluctué naturellement de peut-être 1 °C au cours du dernier millénaire. Le réchauffement actuel étant du même ordre, on ne peut prouver qu'il a été causé par l'accumulation de gaz à effet de serre. Il correspond néanmoins aux effets prévus d'une telle accumulation.

Les augmentations d'origine anthropique des concentrations de gaz à effet de serre ont eu, jusqu'ici, un effet de réchauffement sur le climat mondial équivalant à une augmentation de 0,8 % de l'énergie solaire. D'ici 2050, cet effet pourrait être plusieurs fois plus élevé[4]. Par ailleurs, l'énergie produite par le Soleil est restée remarquablement constante. Au cours des 120 dernières années, elle semble avoir varié d'au plus 0,1 % avec le cycle des taches solaires, qui est de 11 ans (Foukal et Lean, 1990). Pour cette raison et pour d'autres encore, on s'attend que l'effet des concentrations croissantes des gaz à effet de serre masque les variations climatiques naturelles au cours du siècle prochain, menant à un réchauffement à long terme du climat.

Le climat de demain

Afin de prévoir les conséquences des concentrations sans précédent des gaz à effet de serre, les chercheurs ont fait appel à des modèles mathématiques informatiques du système climatique. Les versions les plus avancées sont exceptionnellement complexes; même les superordinateurs les plus puissants du monde peuvent prendre 1 000 heures ou plus pour effectuer tous les calculs qui entrent dans l'une de ces simulations. Ces modèles sont toutefois basés sur une simple hypothèse : les phénomènes climatiques sont le produit de lois fondamentales de la physique et de la chimie et peuvent donc être reconstruits mathématiquement à l'aide d'équations qui expriment ces lois.

[3] Cette estimation suppose que la moitié des émissions de dioxyde de carbone resteraient dans l'atmosphère. Pour des émissions à croissance exponentielle, c'est là une première approximation valable.

[4] Jusqu'à maintenant, l'effet de réchauffement d'origine anthropique a été d'environ 2,0 W/m² (moyenne calculée pour l'ensemble de la planète) et pourrait atteindre 5–10 W/m² d'ici 2050 d'après Harvey (1989). Une augmentation de 1% de l'énergie provenant du Soleil pourrait faire augmenter l'énergie solaire moyenne absorbée à l'échelle de la planète de 2,4 W/m².

Toutefois, le système climatique lui-même est si complexe que même les modèles les plus élaborés ne peuvent donner qu'une version très simplifiée de son fonctionnement. Les modèles sont néanmoins très utiles pour étudier les phénomènes qui, à l'instar du changement climatique, ne peuvent être étudiés expérimentalement dans la nature ou en laboratoire. Les modèles ont été largement utilisés dans les sciences de l'atmosphère depuis l'avènement des ordinateurs à la fin des années 1940; avec le temps, ils sont devenus de plus en plus efficaces à mesure que se perfectionnaient les techniques de modélisation, la puissance des ordinateurs et les connaissances sur le système climatique.

Les modèles les plus sophistiqués utilisés de nos jours sont des modèles de circulation générale de l'atmosphère qui sont combinés à des modèles de circulation océanique plus ou moins complexes. L'atmosphère y est divisée en une grille de plusieurs milliers de sections. Chaque section couvre une superficie de la surface de la Terre variant de 200 par 200 km à 500 par 500 km horizontalement et contient de 2 à 20 couches verticalement. Les modèles simulent des variables comme le vent, la température, la nébulosité, les précipitations, l'humidité du sol et l'étendue des glaces et de la neige et peuvent simuler les changements quotidiens probables du climat pour chaque scénario.

Deux méthodes ont été utilisées pour modéliser le changement climatique futur. Dans la première, on a généralement recours à des modèles simples pour simuler le réchauffement graduel mais continu du climat par suite d'une augmentation progressive des gaz à effet de serre, en tenant compte de l'effet retardateur indéterminé attribuable au stockage de la chaleur dans les mers froides. Dans la deuxième, on utilise habituellement des modèles plus complexes de circulation générale de l'atmosphère pour simuler les réactions des diverses variables du climat, notamment la température et les précipitations, à un soudain doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone.

La sensibilité d'une variable climatique à une augmentation donnée de la concentration d'un gaz à effet de serre dépend non seulement de l'effet de réchauffement par rayonnement du gaz, phénomène relativement bien connu, mais également des divers mécanismes climatiques de rétroaction. L'un des mécanismes les plus importants est l'augmentation de la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère, qui accompagne le réchauffement du climat. La vapeur d'eau étant elle-même un puissant gaz à effet de serre, cette augmentation contribue à accentuer le réchauffement. Les divers modèles

TABLEAU 22.9

Ressources estimatives de la planète en combustibles fossiles récupérables et augmentation estimative des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone qui se produirait si ces ressources étaient utilisées et que la moitié des émissions de dioxyde de carbone restaient dans l'atmosphère

Combustible	Ressources récupérables[a] (milliards de tonnes de carbone)	Augmentation des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (ppmv)
Pétrole brut naturel	230–380	54–89
Gaz naturel	140–230	33–54
Charbon	3 500–6 300	817–1 470
Sables bitumineux	75–200	18–47
Schistes bitumineux	170–9 500	40–2 220
Total	**4 115–16 610**	**962–3 880**

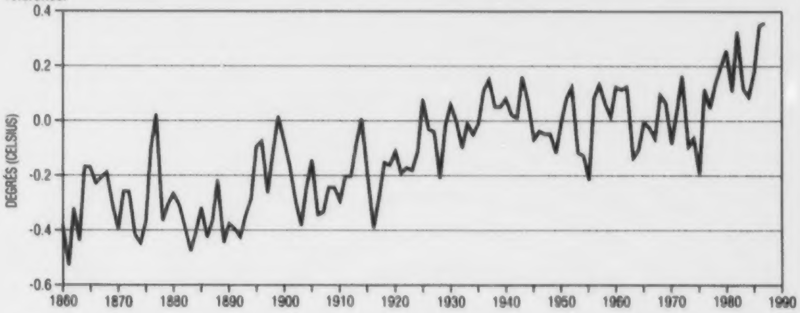
[a]La quantité de combustibles fossiles présente dans le sol est encore plus importante que celle indiquée; cependant, l'extraction d'une grande partie de ces combustibles n'est pas justifiable parce que la qualité est trop faible ou que la quantité d'énergie nécessaire à leur extraction serait supérieure à celle qu'ils fourniraient. La détermination de la quantité finalement récupérable est très subjective et les diverses estimations varient énormément. Les valeurs ne sont présentées ici qu'à titre d'exemple.

Source : Rotty et Marland, 1980.

FIGURE 22.5

Variation de la température moyenne globale de l'air en surface depuis 1861

Les valeurs indiquées sont les écarts de la moyenne annuelle de 1950 à 1979 par rapport à la moyenne de la période de référence.



Source : Jones et Wigley, 1990.

Tableau 22.7

Augmentation moyenne de la température de l'air à la surface de la Terre si la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone doublait par rapport à celle de l'ère préindustrielle, comme la prévoient différents groupes de modélisation

Modèle	Réchauffement annuel moyen de l'air à la surface de la Terre (°C)	Référence
CCC	3,5	G. Boer, Environnement Canada, communication personnelle
GISS	4,2	Hansen et collab., 1984
GFDL	4,0	Wetherald et Manabe, 1988
NCAR	3,5	Washington et Meehl, 1984
UKMO	5,2	Wilson et Mitchell, 1987
	1,9	Mitchell et collab., 1989
	2,5	Meilleure estimation actuelle, J.F.B. Mitchell, UKMO, communication personnelle

CCC : Centre climatologique canadien; GISS : Goddard Institute for Space Studies; GFDL : Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; NCAR : National Center for Atmospheric Research; UKMO : United Kingdom Meteorological Office.

concordent les uns avec les autres et avec les observations effectuées sur l'intensité de cette rétroaction (Raval et Ramanathan, 1989).

Toutefois, l'une des divergences majeures entre les modèles est l'effet net des rétroactions des nuages. Le problème vient du fait que les nuages, en plus de refléter le rayonnement solaire descendant (ce qui refroidit la Terre), emprisonnent également le rayonnement infrarouge ascendant (ce qui réchauffe la Terre). Une modification mineure de l'un de ces effets entraînera donc un changement important de la température. La difficulté de prévision des changements dans l'étendue et la nature de la couverture nuageuse est donc une autre source d'incertitude lors des calculs de ces rétroactions. Ces incertitudes ne seront vraisemblablement pas réduites dans un proche avenir.

Il existe un certain nombre d'autres rétroactions potentielles, tant négatives que positives, dont on n'a pu tenir compte dans les modèles parce qu'elles sont impossibles à quantifier à l'heure actuelle. Un réchauffement accru pourrait notamment déclencher un certain nombre de réactions dans le cycle du carbone, réactions qui pourraient modifier de façon significative l'ampleur et la vitesse du réchauffement.

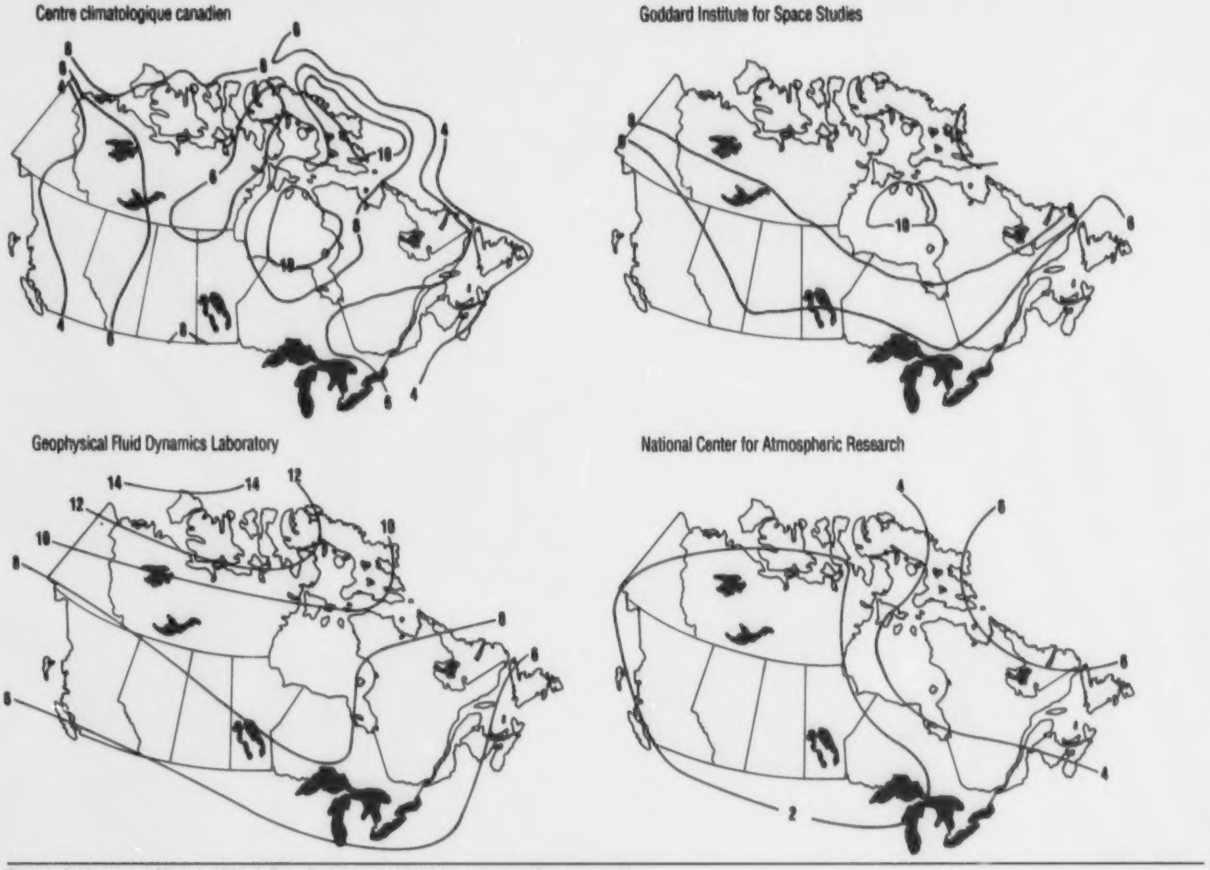
Par exemple, à des températures plus élevées, les plantes et les sols émettent davantage de dioxyde de carbone par la respiration. Le flux de dioxyde de carbone de cette source étant très important — environ 120 milliards de tonnes de carbone par année —, une augmentation de seulement quelques points du pourcentage des émissions naturelles provenant de la respiration serait comparable à tous les flux actuels provenant de la consommation de combustibles fossiles. Le dégel et l'assèchement du pergélisol entraîneraient également l'oxydation d'énormes réserves de carbone. D'autres flux considérables pourraient se produire si les forêts, qui sont adaptées aux régimes climatiques actuels, dépérissaient plus rapidement qu'elles n'étaient remplacées grâce à la migration d'essences différentes. Des quantités importantes de méthane, actuellement stockées dans les clathrates, pourraient également pénétrer dans l'atmosphère par suite du dégel du pergélisol terrestre et du réchauffement des sédiments de la plate-forme continentale dans l'océan Arctique. Toutes ces émissions agiraient comme des rétroactions positives et accéléreraient le réchauffement du climat.

Les concentrations atmosphériques accrues de dioxyde de carbone, qui tendent à stimuler le rythme de la photosynthèse chez les plantes, sont à l'opposé de ces rétroactions positives. Les plantes éliminent ainsi une plus grande quantité de dioxyde de carbone de l'atmosphère, ce qui donne lieu à une rétroaction négative ralentissant la vitesse d'augmentation du dioxyde de carbone. En effet, on dispose de plus en plus de preuves confirmant que les forêts encore en santé de la planète absorbent déjà jusqu'au tiers du dioxyde de carbone provenant de la consommation de combustibles fossiles (Tans et collab., 1990). Toutefois, avec l'augmentation des températures et des consommation de dioxyde de carbone, les plantes dégageraient vraisemblablement davantage de dioxyde de carbone par la respiration qu'elles n'en absorberaient par la photosynthèse (Harvey, 1991). Les forêts de la planète deviendraient alors des émetteurs nets de dioxyde de carbone plutôt que des absorbeurs nets.

Le tableau 22.7 résume les valeurs attribuées par les divers modèles aux changements de la température moyenne globale de l'air à la surface de la Terre, compte tenu d'un doublement fixe du dioxyde de carbone par rapport aux valeurs préindustrielles. Le réchauffement prévu varie de 1,9 °C à 5,2 °C. Ce large écart est en grande partie attribuable à des différences de calcul des rétroactions nettes des nuages. Si les rétroactions susmentionnées du cycle du carbone émettent davantage de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, l'effet ultime d'un doublement d'origine anthropique de la concentration de dioxyde de carbone serait encore plus important.

Les augmentations de la température globale ne seront pas réparties uniformément à l'échelle régionale ou selon les saisons. La figure 22.6 établit une comparaison des valeurs des changements de température hivernale au Canada résultant d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone;

Changement des températures hivernales, en degrés Celsius, au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les prévisions de quatre groupes de modélisation



Source : Schlesinger et Mitchell, 1987; G. Boer, Environnement Canada, communication personnelle.

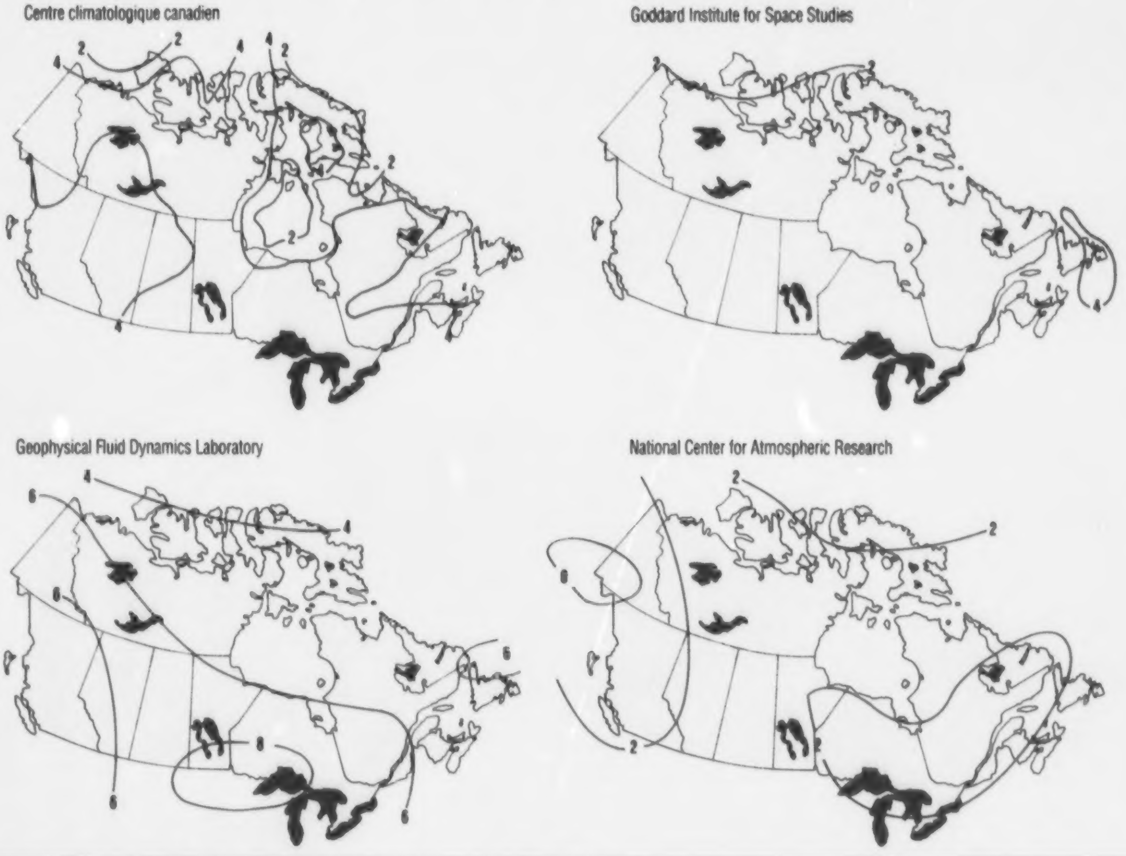
ces valeurs ont été calculées à l'aide de quatre modèles différents de circulation générale de l'atmosphère. La figure 22.7 présente ces mêmes données, mais pour la période estivale. Ces modèles prévoient un réchauffement annuel et global moyen — de 3,5 à 4,2 °C — et prédisent tous un réchauffement plus important pendant toute l'année sous de hautes latitudes, et un réchauffement plus marqué en hiver qu'en été sous les latitudes allant de moyennes à élevées. Toutefois, comme il ressort des figures 22.6 et 22.7, les modèles divergent sensiblement sur les effets dans une région donnée.

Selon tous les modèles climatiques, l'évaporation et les précipitations moyennes globales augmenteront nécessairement à mesure que le climat se réchauffera. Toutefois, les précipitations n'augmenteront pas partout. À mesure que le système climatique s'adaptera, les bandes de précipitations se déplaceront et les précipitations diminueront dans certaines régions. Même là où les précipitations augmenteront, les sols de certaines régions s'assècheront davantage en été par suite d'une évaporation accrue. Dans l'ensemble, les modèles prédisent une augmentation des précipitations annuelles moyennes sous les hautes latitudes et une diminution sous les latitudes moyennes (30 – 50° de latitude N) dans les deux hémisphères, même si l'on prévoit généralement que les précipitations hivernales sous les latitudes moyennes augmenteront. Toutefois, il ressort de la figure 22.8 que les modèles ne concordent pas sur la façon dont tous ces phénomènes influeront sur la teneur nette en eau du sol dans une région donnée.

Les changements des moyennes climatiques sont importants, mais ceux de la variabilité climatique peuvent l'être encore plus. Les résultats de certains

FIGURE 22.7

Changement des températures estivales, en degrés Celsius, au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les prévisions de quatre groupes de modélisation



Source : Schlesinger et Mitchell, 1987, G. Boer, Environnement Canada, communication personnelle.

modèles ainsi que des comparaisons des successions d'années chaudes et froides dans les relevés climatiques canadiens révèlent qu'un réchauffement du climat fera diminuer la variabilité de la température mais accroîtra celle des précipitations (Brown et Walsh, 1986; Rind, 1991). Dans de telles conditions, des années de sécheresse extrême pourraient se produire plus fréquemment, même avec une augmentation de la pluviosité moyenne.

UNE ÉVALUATION DE L'IMPACT

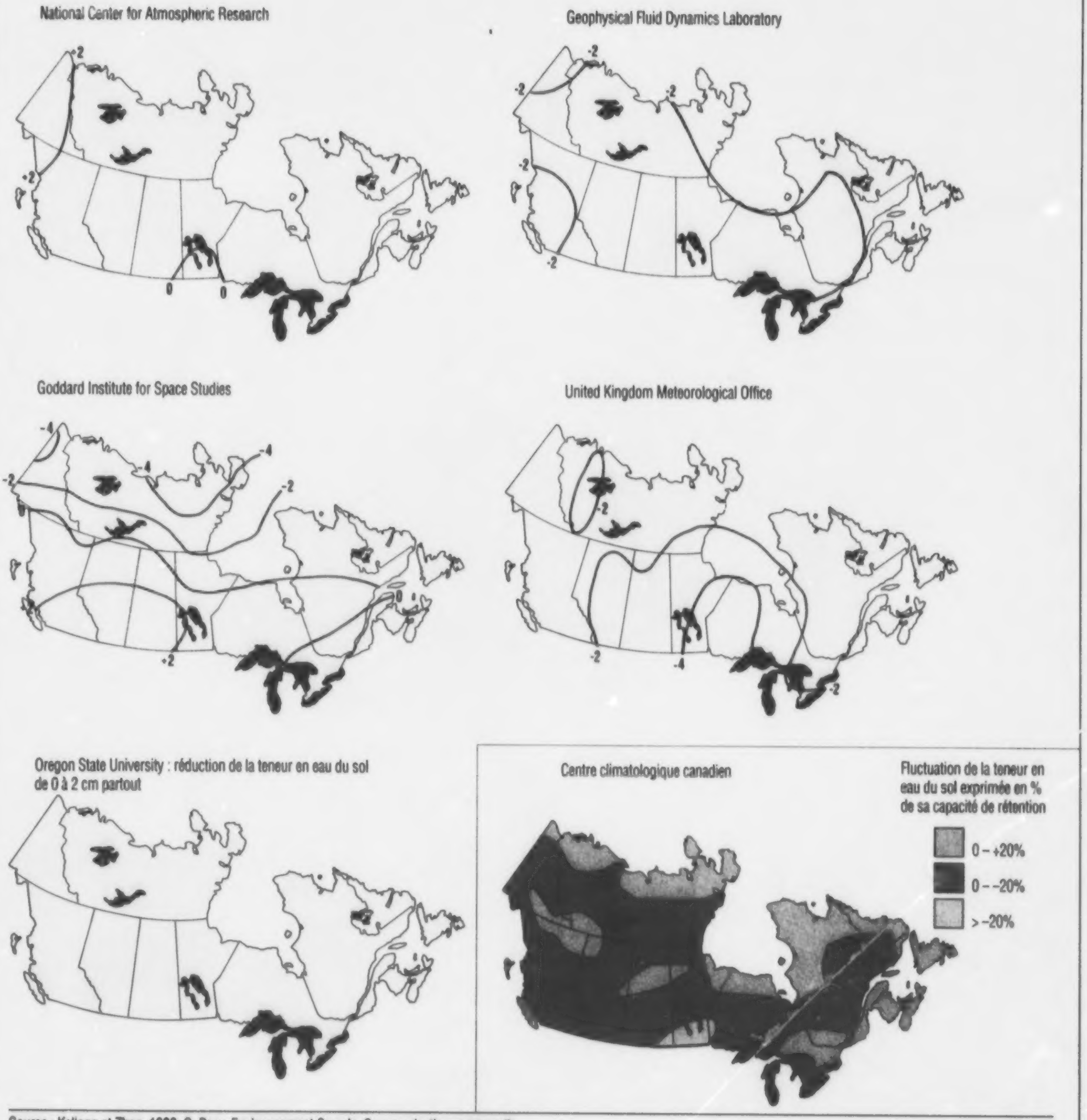
Un certain nombre d'études ont été menées jusqu'à présent sur l'impact du changement climatique attribuable aux concentrations accrues des gaz à effet de serre. Presque toutes s'appuyaient sur des prévisions par modélisation du type de climat qui existerait si la concentration préindustrielle de dioxyde de carbone (280 ppmv) doublait. Toutefois, comme les autres gaz à effet de serre augmentent également, un effet de réchauffement équivalant à un tel doublement se produira bien avant que le dioxyde de carbone atteigne les 560 ppmv. Il pourrait être observé lorsque le dioxyde de carbone aura atteint 450 ppmv (Harvey, 1990), c'est- à-dire dès 2025, bien que la réaction du climat puisse être retardée d'une à plusieurs décennies en raison du lent réchauffement des océans.

Le doublement de la concentration de dioxyde de carbone, ou son équivalent, constitue un point de comparaison utile entre les différents scénarios du changement climatique. Toutefois, l'utilité des études d'impact basées sur ces scénarios est limitée par le fait que les

FIGURE 22.[illegible]

Changement de la teneur estivale en eau du sol au Canada par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, selon les simulations de six groupes de modélisation

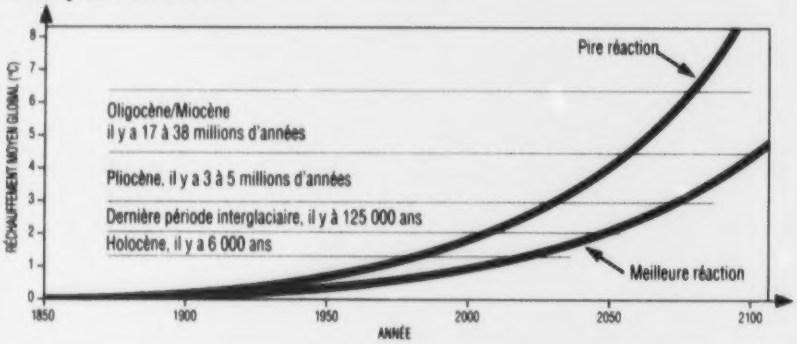
À l'exception du modèle du Centre climatologique canadien, les cartes ci-dessous présentent les fluctuations de la teneur en eau du sol, exprimée en centimètres. Le modèle du Centre climatologique canadien exprime la fluctuation en terme de pourcentage de la capacité de rétention d'eau du sol.



Source : Kellogg et Zhao, 1988; G. Boer, Environnement Canada, Communication personnelle

FIGURE 22.9

Variation moyenne globale de la température si le statu quo est maintenu, selon des modèles climatiques qui calculent la meilleure et la pire réaction à un doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux de l'ère préindustrielle



Source : Krause et collab., 1989.

augmentations des gaz à effet de serre ne s'arrêteront pas nécessairement avec le doublement de la concentration de dioxyde de carbone. En effet, elles dépasseront de façon significative cette limite si le statu quo est maintenu, c'est-à-dire si nous ne faisons rien pour réduire les niveaux d'émissions actuels. Le changement climatique pourrait surpasser de beaucoup les niveaux projetés en cas de doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone.

La figure 22.9 montre deux tendances moyennes projetées du réchauffement global dans le cadre du maintien du statu quo. L'une est optimiste à l'égard de la réaction nette du climat et suppose un réchauffement de seulement 1,5 °C dans une atmosphère stable avec doublement de la concentration de dioxyde de carbone; l'autre est pessimiste, avec un réchauffement de 4,5 °C pour une concentration identique. Les deux scénarios reposent toutefois sur la prémisse que les concentrations de dioxyde de carbone feront plus que doubler. La figure 22.9 montre également à quel moment le climat de la Terre a atteint la dernière fois les températures figurant sur le graphique. Pour trouver le précédent le plus récent au genre de climat que notre planète pourrait connaître au cours du siècle prochain, il faudrait remonter à près de 40 millions d'années. Il faut reconnaître que c'est là le pire cas possible, mais il met en évidence qu'un doublement de la concentration de dioxyde carbone, qui est à la base de toutes les études d'impact effectuées jusqu'ici, n'est qu'un point dans un continuum de changement climatique sans limite.

Lors de l'interprétation des études d'impact décrites dans les pages suivantes, il faut se rappeler deux choses. La première est que les concentrations réelles des gaz à effet de serre changeront continuellement et que différentes régions se réchaufferont à des rythmes différents. Par contre, les simulations du doublement de la concentration de dioxyde de carbone décrivent une atmosphère où les phénomènes sont en équilibre et où les concentrations de gaz à effet de serre sont fixes mais élevées. En conséquence, les configurations des changements de température qui se produisent en réalité différeront vraisemblablement de celles tirées des modèles. De façon similaire, les régimes de précipitations et d'humidité du sol pendant les transitions climatiques pourraient être complètement différents de ceux d'un climat équilibré.

Le deuxième point à ne pas oublier est que, dans de nombreux cas, le rythme du changement climatique a une plus grande importance que le changement lui-même. C'est particulièrement vrai dans le cas des écosystèmes forestiers où des changements potentiellement bénéfiques pourraient avoir de graves impacts s'ils devaient se produire plus rapidement que la migration des essences forestières.

Aucune des simulations climatiques sur lesquelles reposent les études d'impact ne devrait être considérée comme des prévisions du climat futur. Il s'agit plutôt de scénarios, c'est-à-dire de simulations simplifiées mais intrinsèquement cohérentes qui révèlent une gamme de possibilités futures.

Les provinces écoclimatiques

Comme la survie de la plupart des espèces est déterminée par un ensemble assez restreint de limites climatiques, le climat exerce une forte influence sur la répartition des écosystèmes terrestres. Cette relation peut se traduire par la notion de provinces écoclimatiques, c'est-à-dire de paysages étendus où la réaction écologique au climat est fondamentalement la même.

La figure 22.10 permet de comparer la répartition actuelle des provinces écoclimatiques du Canada avec celle qui pourrait exister si la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone doublait, conformément aux prévisions de l'un des modèles de circulation générale de l'atmosphère. Les différences sont frappantes. L'étendue des provinces actuellement les plus chaudes (des prairies, tempérée froide et tempérée modérée) augmentera aux dépens des provinces les plus froides (arctique, subarctique et boréale).

Les changements apparaissant à la figure 22.10 sont associés à des augmentations des gaz à effet de serre équivalant à un doublement de la concentration de dioxyde de carbone. Des augmentations plus marquées des gaz à

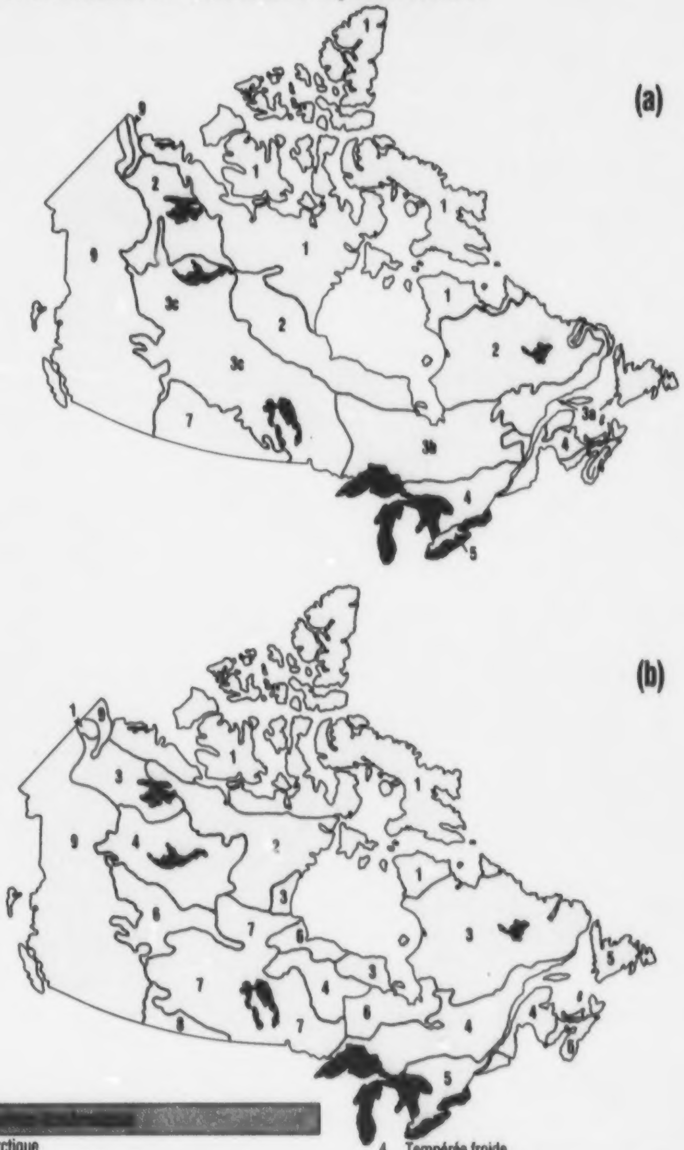
effet de serre, qui se produiront à coup sûr si le statu quo est maintenu, entraîneraient une modification encore plus profonde du paysage écologique. De plus, les changements projetés apparaissant à la figure 22.10 ne tiennent pas compte du rythme du changement climatique. Un phénomène équivalant à un doublement de la concentration de dioxyde de carbone pourrait se produire dès 2025 et les conditions climatiques associées pourraient apparaître dès 2035, mais les écosystèmes forestiers ne peuvent se déplacer aussi rapidement. En fin de compte, ces cartes montrent la redistribution des différentes zones écologiques fondée uniquement sur le climat. D'autres facteurs comme des sols pauvres pourraient également limiter l'ampleur de la migration des communautés végétales existantes.

L'agriculture

Le réchauffement climatique pourrait être tant favorable que défavorable à l'agriculture canadienne. Les saisons de végétation plus chaudes et plus longues pourraient accroître le rendement des cultures, mais les déficits hydriques ou un réchauffement dépassant les températures idéales pourraient réduire ce rendement. L'augmentation de l'évaporation attribuable à des températures plus élevées asséchera les sols si les précipitations n'augmentent pas suffisamment. De plus, une variabilité climatique accrue pourrait également faire augmenter les probabilités de sécheresse. Ainsi, en Saskatchewan, des études laissent supposer que la période moyenne entre deux sécheresses graves pourrait être réduite de moitié, même avec une augmentation des précipitations (Williams et collab., 1988).

Pour l'Ontario, les modèles climatiques prévoient généralement une augmentation des précipitations mais l'ampleur de cette augmentation varie d'un modèle à l'autre. Dans le centre agricole du sud de l'Ontario, l'actuelle saison de croissance de 160 jours passerait à plus de 200 jours, mais les rendements de nombreuses cultures diminueraient en

Répartition des provinces écoclimatiques au Canada : a) à l'heure actuelle; b) telle que prévue par suite du doublement de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, à l'aide du modèle du Goddard Institute for Space Studies



1 Arctique	4 Tempérée froide
2 Subarctique	5 Tempérée modérée
3 Boréale	6 de transition
3a Boréale maritime	7 des prairiés
3b Boréale humide	8 Semi-désertique
3c Boréale continentale sèche	9 Non classé, les Cordillères ne sont pas présentées

Source : Rizzo et Wiken, 1989.

raison de déficits hydriques et des températures excessives. Ainsi, la culture du maïs et du soja présenterait plus de risques mais deviendrait viable dans certaines parties du nord de l'Ontario en raison de l'allongement de la saison de végétation. Dans le sud de l'Ontario, le climat favoriserait davantage la culture des pommes et des fruits tendres et une grande partie de cette région pourrait devenir une zone de production fruitière (Smit, 1987).

Dans les provinces des Prairies, on prévoit que l'augmentation de l'évaporation entraînera une réduction de l'humidité du sol dans de nombreux endroits ainsi qu'une diminution importante du rendement des cultures. Des modifications des méthodes culturales, comme la substitution du blé d'hiver au blé de printemps, pourraient toutefois ramener les rendements à leurs niveaux actuels. Il est également probable que les conditions plus sèches qui régneront dans le sud pourraient être contrebalancées par des conditions climatiques très améliorées dans le Nord, bien qu'il y ait des limites au degré d'expansion vers le nord susceptible de compenser les pertes de productivité agricole dans le Sud. Une grande partie des terres qui deviendraient cultivables dans le nord des Prairies ne se prêteraient qu'à la culture fourragère (Arthur, 1988).

Les études effectuées jusqu'ici ne tiennent pas compte de certains effets physiologiques de l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone sur les plantes, plus précisément une augmentation de la photosynthèse et une utilisation plus efficace de l'eau. Elles ne prennent pas non plus en considération la grande variété de mesures qui pourraient être prises — irrigation, techniques d'aridoculture ou modification des variétés végétales — pour atténuer, en partie ou dans une large mesure, les incidences négatives du réchauffement climatique et améliorer le rendement des cultures. Par contre, l'adaptation forcera les exploitants agricoles à prendre des décisions difficiles en raison de la grande incertitude à laquelle ils devront faire face. Les problèmes auxquels ils seront confrontés iront de la modification des cultures ou des méthodes culturales à l'abandon total de leurs terres.

Les études d'impact laissent supposer que le changement climatique associé à l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone n'auront que des effets nets minimes sur l'ensemble de la production agricole canadienne ou provinciale sur une moyenne de plusieurs années. Néanmoins, certaines localités seront plus durement touchées que d'autres, surtout pendant les années de sécheresse, et certaines populations humaines pourront être perturbées. En outre, si les augmentations des précipitations ne sont pas aussi importantes que prévues, les incidences négatives pourraient être beaucoup plus graves et étendues.

Les forêts

Les forêts sont l'un des piliers de l'économie canadienne, représentant 17 % de toutes les exportations du pays et fournissant directement ou indirectement un emploi sur 15 aux travailleurs canadiens (Forêts Canada, 1990). Il ressort de la figure 22.10 que la foresterie est également une industrie dont l'assise naturelle serait profondément bouleversée par le changement climatique qui suivrait l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone. Une grande partie de la superficie couverte actuellement par la forêt boréale, dans l'ouest du Canada, jouirait d'un climat ne permettant que la survie d'écosystèmes de prairie ou de transition forêt–prairie. La limite méridionale de la province écoclimatique boréale se déplacerait vers le nord de 1 100 km et sa limite septentrionale, de 800 km. De façon similaire, la province écoclimatique tempérée froide de l'est du Canada se déplacerait vers le nord de 500 km.

Étant donné que l'éventualité d'un régime climatique avec doublement de la concentration de dioxyde de carbone pourrait devenir une réalité dès 2035 si aucune mesure n'est prise pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre, les forêts actuelles devraient se déplacer à un rythme de 100 à 200 km par décennie pour survivre et rester intactes. C'est là beaucoup plus que le taux de migration naturelle, qui est de l'ordre de 20 à 50 km par siècle (Davis, 1989). Il est par conséquent probable que les arbres dépériront le long des bordures méridionales des forêts en réaction au stress causé par la chaleur et (ou) l'humidité et seront remplacés par des essences « indésirables » dont la capacité de migration et de colonisation est bonne (Solomon, 1986). Il s'ensuivra vraisemblablement un appauvrissement important de nos forêts.

D'autres facteurs viendront aggraver ces stress. Ainsi, les insectes qui ravagent les forêts devraient migrer plus rapidement que les arbres, et ces derniers seront ainsi exposés à de nouvelles espèces de ravageurs. Comme les prédateurs de ces insectes risquent de ne pas migrer aussi rapidement, il pourrait se produire des infestations semblables à celles provoquées par l'introduction accidentelle d'insectes étrangers dans de nouvelles régions. Il est probable que les incendies deviendront plus fréquents et plus graves par suite de l'augmentation de la sécheresse et de la présence d'un plus grand nombre d'arbres morts. Sur le plan positif, ajoutons toutefois que l'élimination par le feu de forêts inadaptées accélérera leur remplacement par des essences mieux adaptées au changement climatique. Néanmoins, le déséquilibre écologique pourrait durer plusieurs siècles.

Même si les autorités responsables des forêts peuvent tenter d'accélérer la migration par des programmes de plantation d'arbres, elles feront toujours face à de graves problèmes d'aménagement : en effet, en raison du temps qu'il faut aux arbres pour devenir mûrs, il se pourrait que le climat ne soit plus approprié aux essences qui avaient été plantées. De plus, l'adaptation génétique à des changements latitudinaux du degré d'ensoleillement pourrait ne pas correspondre au rythme de migration exigé par un changement climatique rapide. De telles incertitudes pourraient faire diminuer les investissements dans l'industrie forestière et aggraver davantage les problèmes d'adaptation.

Les arbres, tout comme les cultures, devraient utiliser l'eau plus efficacement lorsque l'atmosphère contiendra davantage de dioxyde de carbone, ce qui, en retour, pourrait réduire l'impact de la diminution de la teneur en eau du sol. L'ampleur de cet effet est toutefois très incertaine, car les seules expériences auxquelles on a procédé jusqu'à maintenant ont porté sur des semis. On ignore comment réagiront des arbres mûrs ou des arbres exposés à de plus fortes concentrations de dioxyde de carbone pendant toute leur vie.

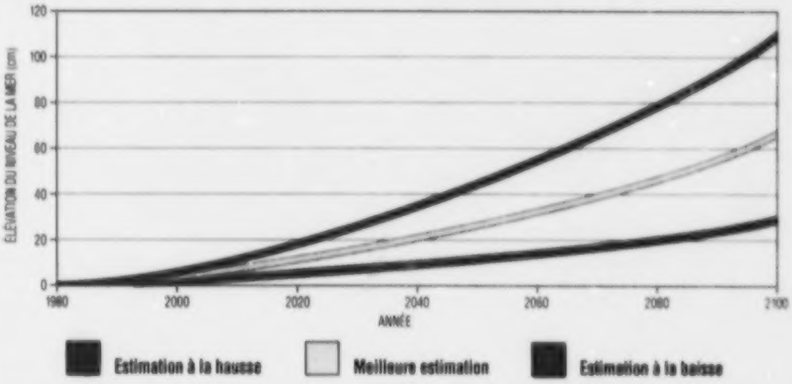
Il est probable que le rythme du changement climatique sera plus rapide que celui de la migration des forêts, même si des mesures mondiales énergiques sont prises pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'ampleur du dépérissement des forêts par suite de ce changement devrait dépendre étroitement du degré d'agression actuel des forêts par les dépôts acides et l'ozone de la basse troposphère. Par conséquent, toute stratégie destinée à préserver les forêts du Canada doit comporter des réductions draconiennes des émissions à l'origine des dépôts acides et de la formation d'ozone ainsi que des mesures globales pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre.

L'élévation du niveau de la mer

Le niveau de la mer s'élèvera avec le réchauffement des océans de la planète. Au départ, cette élévation sera surtout attribuable à la dilatation thermique de l'eau de mer, mais la fonte des glaciers aura un effet de plus en plus marqué avec le temps. La plupart des analystes prévoient que le doublement de la concentration de dioxyde de carbone entraînera une élévation éventuelle du niveau de la mer de l'ordre de 0,5 à 1,0 m. Des estimations récentes laissent toutefois supposer qu'une augmentation des averses de neige dans l'Antarctique pourrait en partie contrebalancer la fonte des glaciers survenant ailleurs, ce qui réduirait l'élévation à 0,3 m. Cela ne signifie pas qu'une élévation encore plus marquée

FIGURE 22.11

Élévation moyenne globale projetée du niveau de la mer si rien n'est fait pour réduire les émissions de gaz à effet de serre



Source : Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique, 1990

n'est plus une menace, mais simplement qu'elle pourrait prendre plus de temps à se produire, à moins que les gaz à effet de serre ne soient stabilisés à un niveau ne dépassant pas l'équivalent du doublement de la concentration de dioxyde de carbone. En l'absence de stabilisation, une élévation de 5 à 6 m ou plus du niveau de la mer pourrait se produire au cours des siècles à venir (Hekstra, 1986). La figure 22.11 illustre les estimations actuelles de l'élévation du niveau de la mer au cours des 100 prochaines années.

Bien que le niveau de la mer soit en grande partie déterminé par le volume de l'eau de mer, d'autres facteurs entrent également en jeu. C'est pour cette raison qu'il ne s'élèvera pas uniformément partout dans le monde. Ainsi, on observe actuellement la surrection (soulèvement progressif) de nombreuses zones terrestres récemment libérées de la pesanteur des glaciers, et la subsidence (tassement progressif) d'autres zones. À l'heure actuelle, certaines parties de la côte de la baie d'Hudson émergent à un rythme de 0,5 m par siècle, contrebalançant ainsi plus ou moins l'élévation générale du niveau de la mer. Par contre, la côte près de Halifax s'enfonce au rythme d'environ 0,4 m par siècle, accentuant ainsi toute élévation du niveau de la mer attribuable au réchauffement global (Egginton et Andrews, 1989).

Les courants océaniques sont également une source de variations régionales importantes du niveau de la mer. Par exemple, entre les extrémités ouest et est du Gulf Stream, au large de la Floride, on observe une élévation naturelle d'environ 1,4 m. Il est difficile de prévoir les variations futures du niveau de la mer attribuables aux courants océaniques puisque l'on ne sait pas très bien comment les courants seront touchés par le changement climatique.

Une élévation de seulement 1 m du niveau de la mer entraînerait directement ou indirectement le déplacement de centaines de millions de personnes dans le monde. Une telle catastrophe, conjuguée à une production agricole réduite dans certaines parties de la planète, pourrait accroître de façon spectaculaire le nombre de réfugiés désireux d'entrer au Canada.

Comme le Canada possède le plus long littoral du monde, une élévation de 0,5 à 1 m du niveau de la mer serait très coûteuse pour un certain nombre de collectivités canadiennes. La zone côtière de beaucoup de villes (voir l'encadré 22.1) serait bien sûr inondée,

mais de nombreux autres impacts se feraient sentir. Avec le recul des plages, les rivages seraient exposés à une plus grande érosion. Les ondes de tempête (immenses dômes d'eau créés par des grands vents et des basses pressions lors de tempêtes violentes) deviendraient plus destructrices en présence d'une élévation du niveau moyen de la mer. Les usines de traitement des eaux usées, les réseaux de drainage et les systèmes d'approvisionnement en eau douce seraient menacés dans de nombreuses régions côtières par l'élévation du niveau de l'eau salée. Le transport et le dépôt des sédiments dans de nombreux cours d'eau seraient également modifiés puisque l'eau de mer pénétrerait beaucoup plus loin en amont.

ENCADRÉ 22.1

Si le niveau de la mer montait d'un mètre à Charlottetown...

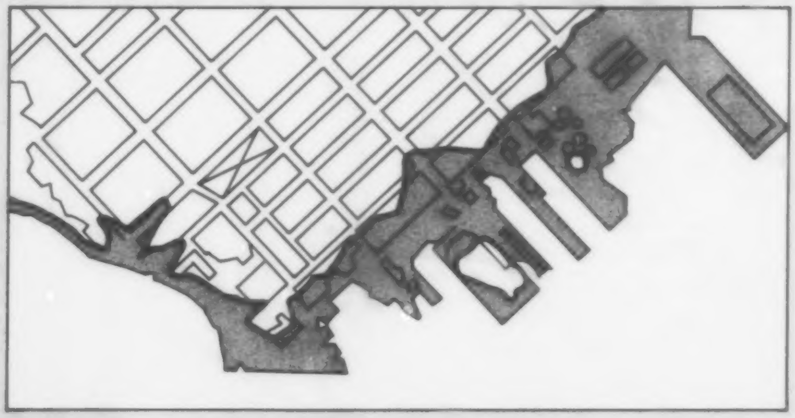
Une étude récente (Lane, P., and Associates, 1988) révèle qu'une élévation d'un mètre du niveau de la mer aurait les effets suivants :

- des tronçons de plusieurs rues de la ville seraient submergés à marée haute ou sujets à des inondations pendant les tempêtes (Figure 22.B1);
- les nouveaux aménagements du bord de l'eau seraient inondés à marée haute;
- près de 225 immeubles de la ville deviendraient inhabitables en raison des inondations périodiques résultant des ondes de tempête;
- l'accès du terminus maritime principal et des quais de la Garde côtière serait coupé par les vagues lors de tempêtes;
- l'usine de traitement des eaux d'égout ne fonctionnerait pas pendant les tempêtes et l'eau refluant dans les égouts pluviaux entraînerait l'inondation de certaines parties de la ville qui ne sont pas adjacentes à la côte;
- une élévation du niveau de l'eau souterraine entraverait l'assèchement des terres et aurait des effets dommageables sur les cultures dans la région de Charlottetown.

FIGURE 22.E1

Une élévation d'un mètre du niveau de la mer ferait augmenter sérieusement la menace d'inondation des régions littorales de Charlottetown

Les grandes inondations, qui sont à prévoir tous les 20 ans, toucheraient la région accentuée en bleu.



Source : Hengeveld, 1991.

Une élévation de 1 m du niveau de la mer entraînerait des pertes importantes de milieux humides côtiers. Ces zones jouent des rôles écologiques importants et sont souvent aménagés en refuges d'oiseaux migrateurs et en réserves fauniques nationales. On trouve des milieux humides côtiers dans un certain nombre de grands estuaires le long de la côte du Pacifique, dans l'extrémité ouest de la baie d'Hudson et des îles du bassin de Foxe, dans le delta du Mackenzie et dans un certain nombre d'estuaires et de baies de l'Atlantique. Plus au sud, les milieux humides côtiers de la partie américaine du golfe du Mexique et de l'Atlantique servent de quartiers d'hiver à de nombreuses espèces de sauvagine du Canada. Dans ces endroits, les ouvrages destinés à empêcher la migration des milieux humides vers l'intérieur des terres pourraient entraîner des pertes particulièrement importantes d'habitats.

Les pêches maritimes

Les pêches maritimes seront touchées par un changement de la répartition géographique des espèces de poissons provoquée par des modifications de la température de l'eau et des courants ainsi que par des changements de la disponibilité des éléments nutritifs. L'abondance des stocks de poissons d'intérêt commercial est fondamentalement tributaire de la productivité végétale — des espèces phytoplanctoniques unicellulaires pour la plupart — à la base de la chaîne alimentaire marine. Dans une grande partie des océans de la planète, la productivité de ces plantes est limitée par la disponibilité des éléments nutritifs, et la répartition de ceux-ci près de la surface dépend largement de la remontée des eaux profondes, qui en contiennent de grandes quantités.

La remontée des eaux profondes est influencée par la configuration des vents, mais, avec un réchauffement global, les vents sous les latitudes moyennes à élevées pourraient s'affai-

blir à mesure que les différences de température entre les latitudes tropicales et polaires diminueront. Ce phénomène pourrait à son tour ralentir la circulation océanique, faire diminuer la remontée d'eaux profondes et entraîner une diminution globale de la productivité biologique marine. Sous de hautes latitudes, la fonte des glaciers et un accroissement probable des précipitations feront augmenter le ruissellement continental. Ce phénomène, conjugué à la fonte estivale accrue de la glace de mer, pourrait entraîner une stratification plus stable des océans situés sous de plus hautes latitudes et restreindre le brassage ascendant des éléments nutritifs.

Le rendement des pêches mondiales et canadiennes pourrait diminuer en raison de la modification possible de la remontée d'éléments nutritifs. Même si la productivité annuelle moyenne de ces sources primaires de nourriture ne change pas, il est probable que leur répartition saisonnière sera modifiée. Ce phénomène aurait également des répercussions profondes sur le reste de l'écosystème marin.

Les routes migratoires et la productivité du poisson sont également sensibles aux variations de la température des océans en surface. Sur la côte du Pacifique, on estime qu'une augmentation de 3 à 4 °C de la température de l'eau pourrait faire migrer les stocks de hareng vers le nord, lesquels seraient remplacés par des espèces de hareng plus petites et de plus faible longévité venant du Sud (Murty et Bernard, 1985). L'actuel déclin des pêches à la morue et à l'aiglefin sur la côte est montre que la diminution de quelques espèces seulement dans les eaux canadiennes peut être à l'origine de grandes difficultés économiques et sociales.

Les eaux douces

Le réchauffement climatique devrait entraîner une augmentation des précipitations dans de nombreuses régions, mais les taux d'évaporation seront également à la hausse. Si le surplus de précipitations provient d'une augmentation de l'intensité des tempêtes (comme les orages de convection), un plus fort pourcentage des eaux de pluie se perdra sous forme de ruissellement rapide. En d'autres termes, la quantité d'eau pouvant renouveler l'humidité du sol et réalimenter les nappes souterraines qui approvisionnent les cours d'eau entre les tempêtes sera moindre.

D'autres facteurs, dont certains sont difficiles à quantifier à l'heure actuelle, modifieront le bilan hydrologique net. Quel sera, par exemple, l'effet de la réaction physiologique des plantes à un climat plus chaud? Des températures plus élevées ont tendance à accroître l'évapotranspiration (c'est-à-dire l'évaporation et la transpiration) des plantes, mais des concentrations plus élevées de dioxyde de carbone ont tendance à la faire diminuer. Ces deux tendances inverses pourraient se neutraliser et peut-être laisser une plus grande quantité d'eau dans le sol pour alimenter l'écoulement souterrain. Cette possibilité n'a pas encore été intégrée aux évaluations des incidences du réchauffement climatique sur l'eau.

Dans l'ouest du Canada, l'accumulation de la neige dans les hautes montagnes en hiver revêt une importance particulière pour l'approvisionnement en eau au printemps et en été. Sous un climat plus chaud, les précipitations hivernales devraient augmenter, mais relativement peu sous forme de neige. Par conséquent, l'effet net sur l'accumulation de la neige n'est pas encore clairement défini.

À mesure que le climat se réchauffera, il est probable que les réserves en eau dans de nombreuses parties du Canada diminueront, intensifiant ainsi la concurrence et les conflits entre les différentes utilisations de l'eau. En effet, certaines demandes comme l'irrigation augmenteront presque à coup sûr. De plus, si les cours d'eau et les lacs continuent d'être considérés comme de simples décharges des effluents industriels, toute diminution du débit des cours d'eau aggravera les problèmes de qualité de l'eau.

Dans le bassin des Grands Lacs, le climat résultant du doublement de la concentration de dioxyde de carbone provoquerait une diminution d'environ 15 % de l'approvisionnement net en eau (The DPA Group Inc., 1988) et le niveau moyen des Grands Lacs pourrait diminuer de 30 à 80 cm (Sanderson, 1987), malgré les augmentations projetées des précipitations. Dans le sud des Prairies, les conditions pourraient s'aggraver davantage. Même de nos jours, cette région connaît une pénurie d'eau certaines années. Des années de sécheresse pourraient se produire plus fréquemment à l'avenir, surtout si la *variabilité* des précipitations s'accroît.

Des études récentes révèlent qu'il est difficile d'évaluer l'impact net du changement climatique sur l'hydrologie régionale. Une étude pilote du bassin de la rivière Saskatchewan prévoit une diminution de la teneur en eau du sol, mais aucune conclusion n'a pu être tirée quant aux modifications du ruissellement ou de l'écoulement (Cohen et collab., 1989). Au Québec, une étude précise que l'écoulement dans les bassins versants des rivières La Grande, Caniapiscau et Opinaca, à la baie James, pourrait augmenter de 7 à 20 % (Singh, 1988). Toutefois, une autre étude comportant des comparaisons de plusieurs modèles a donné des résultats contradictoires (Météo-Globe Canada Inc., 1989).

L'impact du réchauffement sur les pêches en eau douce, tout comme sur les pêches maritimes, est très incertain. Il peut se produire des déplacements géographiques de communautés entières de poissons, ainsi que des changements dans l'abondance relative des différentes espèces à l'intérieur de ces communautés (Meisner et collab., 1987; Mandrak, 1989; Regier et collab., 1989). Tout dépendra, en fin de compte, des effets directs des températures plus élevées, des modifications et des limites à l'approvisionnement en éléments nutritifs, de l'impact sur les milieux humides côtiers et des changements de l'écoulement souterrain.

Selon une étude, un réchauffement de 2 °C dans le bassin des Grands Lacs ferait augmenter la production d'espèces commerciales de poissons de 26 % en moyenne (Meisner et collab., 1987). Toutefois, d'autres

facteurs pourraient avoir un effet net différent. Ainsi, des vents plus faibles ou des eaux plus chaudes (donc moins denses) en surface pourraient faire diminuer le mélange des eaux profondes riches en éléments nutritifs et des eaux de surface, réduisant ainsi l'approvisionnement en éléments nutritifs de ces dernières.

Un abaissement du niveau des lacs pourrait gravement perturber les milieux humides qui occupent actuellement près du tiers des 4 500 km de rivage des Grands Lacs canadiens. Ces zones sont d'importantes aires de frai et d'alimentation du poisson. Si le niveau de l'eau diminuait rapidement, ces endroits deviendraient non seulement moins accessibles aux poissons, mais leur structure et leur diversité biologique seraient également touchées. Toutefois, un changement plus lent du niveau de l'eau pourrait permettre aux milieux humides et aux rivages de s'adapter graduellement, modérant ainsi l'impact sur les stocks de poissons.

L'eau souterraine joue également un rôle important dans le maintien de certaines espèces de poissons — en particulier pour celles sensibles à la chaleur comme la truite — parce que sa température reste assez constante pendant toute l'année et qu'elle se maintient à environ 1 °C de plus que la température moyenne annuelle locale de l'air. Les eaux d'amont qu'elle rafraîchit assurent un refuge d'eau froide à ces poissons en été. Un réchauffement des eaux souterraines ou une diminution de la quantité d'eau souterraine gagnant les cours d'eau réduiraient l'étendue de tels refuges. Par contre, une augmentation de l'écoulement souterrain pourrait en partie compenser une augmentation de la température de l'eau souterraine.

Le pergélisol

Près de la moitié de la superficie terrestre du Canada repose sur du pergélisol, dont une grande partie renferme des quantités importantes d'hydrolaccolites (lentilles de glace formées en sous-sol). Comme le réchauffement climatique devrait, selon les prévisions, être plus marqué sous de hautes latitudes, on peut s'attendre à un dégel important du pergélisol. Dans certaines régions, la fonte des hydrolaccolites associée à ce dégel entraînera de graves problèmes d'érosion et d'instabilité du terrain. De nouveaux milieux humides devraient également apparaître. Ceux-ci amélioreront l'habitat de certaines espèces, mais ils ne remplaceront pas, sur le plan qualitatif, les milieux humides côtiers disparus par suite de l'élévation du niveau de la mer, ni les milieux humides des Prairies détruits par la sécheresse estivale.

ENCADRÉ 22.2

Le parc national de Prince-Albert

Le parc national de Prince-Albert est situé au cœur de la Saskatchewan, à environ 65 km au nord-ouest de la ville de Prince-Albert, dans la zone de transition entre la forêt boréale et la prairie. Comme la forêt boréale ne tolère ni des températures élevées ni la sécheresse, un climat plus chaud accompagné d'une diminution de la teneur en eau du sol aurait des incidences marquées sur cette région. Au fil de l'évolution du climat, les espèces qui, à l'heure actuelle, ont pratiquement atteint la limite géographique de leur tolérance à l'humidité et à des températures données présenteraient une diminution de vigueur, tandis que d'autres espèces pourraient être stimulées par l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone. La tremblaie reculerait et les prairies s'étendraient le long de la zone de transition prairie-parc.

Si, comme les modèles climatiques le laissent supposer, les conditions deviennent plus sèches malgré l'augmentation des précipitations, les feux de friches augmenteront vraisemblablement. On peut s'attendre à ce que des essences comme le peuplier et le pin gris, dont la capacité d'adaptation à de telles perturbations est plus élevée, se répandent dans le centre et le nord du parc (Wall, 1989).

Un tel changement altérerait les habitats fauniques et les rendrait moins appropriés pour certaines espèces. Le parc étant déjà situé à la limite sud de l'aire d'expansion du caribou des bois, cette espèce quitterait probablement la région à la recherche d'habitats mieux appropriés plus au nord. La baisse du niveau des lacs pourrait également mettre en danger la seule colonie reproductrice de pélicans blancs d'Amérique au Canada.

Les parcs du Canada ayant été créés pour protéger les espèces en danger de disparition et servir de réserves écologiques, le changement climatique pourrait nécessiter la création de parcs plus grands dont les limites pourront être déplacées avec le temps.

Les aires protégées

Le réseau des parcs nationaux du Canada a été conçu en partie pour protéger des régions sauvages dans chacune des grandes régions écologiques du Canada. Toutefois, avec l'évolution du climat, les plantes et les animaux tenteront de migrer. Dans de nombreux parcs, cette migration sera entravée par les paysages hostiles dominés par la présence humaine. À moins que des corridors de migration ne soient créés, certaines espèces locales disparaîtront et la richesse du réseau des parcs du Canada s'en trouvera diminuée (voir l'encadré 22.2).

La faune et les habitats

Le changement climatique aura pour effet de déplacer ou de modifier l'emplacement des habitats fauniques actuels. Certaines espèces des régions boisées seront menacées d'extinction localement si elles ne disposent pas de forêts contiguës avoisinantes en guise de corridors de migration pour faciliter leurs déplacements. Dans l'Arctique, la réduction de la glace de mer limiterait énormément les populations de mammifères marins et de poissons qui dépendent d'un manteau de glace étendu et de l'eau froide. La disparition des milieux humides côtiers causée par l'élévation du niveau de la mer et l'assèchement des sites d'abreuvement dans les Prairies réduiront la superficie

de nombreux autres habitats fauniques d'importance. Les pertes d'habitats et d'espèces fauniques (sans oublier le dégel et l'érosion à grande échelle du pergélisol) créeront presque à coup sûr de graves difficultés aux peuples autochtones tributaires des ressources fauniques de ces régions.

Le tourisme et les loisirs

Le réchauffement climatique réduira de façon significative et éliminera peut-être l'industrie du ski alpin dans certaines parties du sud du Canada. Avec l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone, la saison de ski alpin dans la région du sud de la baie Georgienne pourrait disparaître (Wall, 1988) et le nombre de jours skiables dans le sud du Québec pourrait diminuer de 50 à 70 % (Lamothe et Périard, Consultants, 1988).

Par contre, les conditions hivernales devraient être plus favorables à la pratique d'activités de plein air dans des régions plus au nord et la saison estivale s'allongera. Au Québec, la saison de golf pourrait augmenter de 20 à 50 % (Lamothe et Périard, Consultants, 1989). Toutefois, des modifications du niveau ou de la qualité de l'eau auront des répercussions sur des activités comme la pêche, la natation et la navigation de plaisance, et l'intérêt écologique et le potentiel récréatif des milieux humides seront réduits.

La nature sauvage, la faune et les activités de plein air sont les piliers de l'industrie touristique canadienne. Cette dernière pourrait avoir un défi formidable à relever pour s'adapter à un réchauffement climatique, particulièrement s'il est important.

Les transports

Dans la plupart des régions du Canada, les transports, en hiver, bénéficieraient d'un enneigement plus faible et d'une superficie moindre de glace de mer et d'eau douce. Ainsi, dans le sud du pays, des hivers plus cléments réduiront substantiellement les coûts de déneigement et d'entretien des routes (IBI Group, 1990). Par contre, les transports en terrain mouillé, dans de nombreuses régions nordiques du Canada, ne peuvent se faire qu'en hiver, lorsque le sol est gelé. Dans un tel cas, les hivers plus chauds et plus courts réduiront la durée de la saison de transport.

Malgré une plus longue saison sans glace, l'abaissement du niveau des Grands Lacs devrait faire augmenter les coûts de transport maritime en raison de la nécessité d'alléger la charge des navires ou d'utiliser des navires à plus faible tirant d'eau. Les autorités pourraient également être tentées de draguer les voies d'eau et les ports, ce qui pourrait rendre mobiles les sédiments toxiques qui sont actuellement enfouis ou à l'abri des perturbations.

L'offre et la demande d'énergie

Le réchauffement climatique peut avoir certains effets bénéfiques sur la demande d'énergie. Comme il devrait être vraisemblablement plus important en hiver qu'en été, la diminution des besoins de chauffage en hiver devrait plus que compenser toute augmentation de la demande estivale de climatisation. Les incidences sur l'approvisionnement en hydroélectricité au Canada restent toutefois incertaines. Le Labrador et les régions nordiques du Québec, de l'Ontario et du Manitoba pourraient connaître une augmentation de l'écoulement, lequel entraînerait une augmentation du potentiel de production hydroélectrique (Singh, 1988), mais il est très probable que les autres régions connaîtront une diminution sur ce plan. Même si, à certains endroits, la production moyenne n'est pas touchée, les variations annuelles pourraient être importantes et accroître la nécessité d'avoir recours à des sources de production d'appoint.

Des températures plus élevées auront tendance à entraîner de légères diminutions du rendement des centrales thermiques en faisant augmenter les températures à la sortie des turbines. Un approvisionnement limité en eau à des fins de refroidissement pourrait également faire diminuer le rendement des centrales et réduire davantage la production d'énergie.

La santé et le bien-être physique

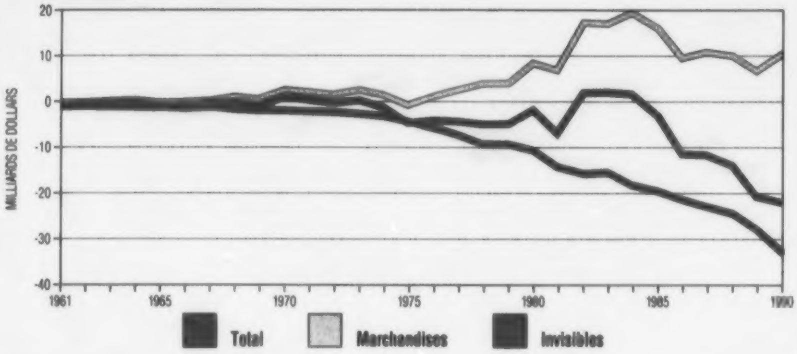
Pour une personne moyenne, le réchauffement climatique sera surtout perceptible par une modification de la fréquence des extrêmes climatiques. Une augmentation relativement faible des températures annuelles moyennes peut s'accompagner d'une forte augmentation du nombre de jours dépassant un seuil de température donné. Au Canada, nous assisterions à une augmentation de la fréquence des vagues de chaleur estivales. Les personnes âgées, qui sont plus vulnérables que le reste de la population au stress causé par la chaleur, seraient le plus touchées. La plupart des gens s'acclimatent à la chaleur après quelques jours de température élevée, mais les effets sur la santé sont souvent le plus marqués lorsque des vagues de chaleur frappent soudainement des centres urbains qui ne sont habituellement pas exposés à la chaleur (Organisation mondiale de la santé, 1990).

L'économie

L'économie canadienne dépend d'activités extrêmement vulnérables au changement climatique. La figure 22.12 montre que la balance des invisibles (qui incluent notamment les déplacements, les frais de transport, l'intérêt, les dividendes et les services) a régulièrement empiré au cours des quinze dernières années au Canada, bien qu'elle ait été compensée par un excédent croissant mais inégal de la balance commerciale (échanges de marchandises). Cet excédent provient en grande partie de l'énergie, de l'agriculture et surtout des produits forestiers, et il a tendance à masquer l'accroissement du déficit à l'égard des biens de consommation, de la machinerie et de l'équipement (figure 22.13). La santé de l'économie canadienne devient donc de plus en plus tributaire des secteurs qui sont le plus vulnérables sur le plan climatique, soit l'agriculture et la foresterie.

Figure 22.12

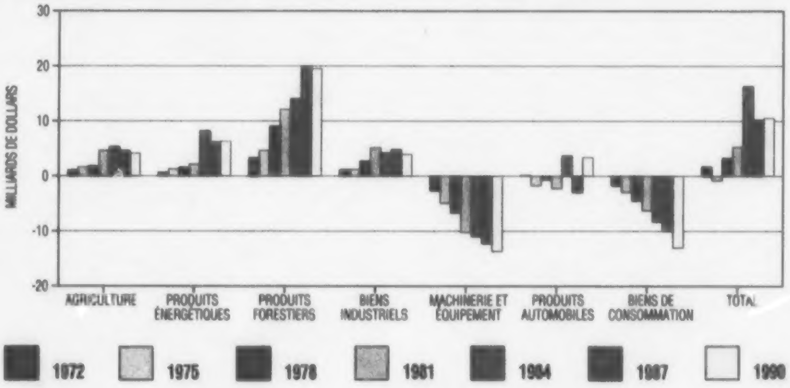
Balance des paiements internationaux du Canada, marchandises et invisibles, 1961–1990



Source : Statistique Canada, 1991.

Figure 22.13

Exportations nettes de marchandises du Canada par groupe de produits, pendant certaines années de 1972 à 1990



Source : Statistique Canada, 1991.

RÉAGIR : UNE NÉCESSITÉ

Les conséquences d'un changement climatique associé à un simple doublement réel de la concentration de dioxyde de carbone sont importantes, surtout si le changement se produit rapidement. Il est possible que l'effet net sur l'agriculture globale soit négligeable et que l'agriculture canadienne puisse bénéficier du réchauffement du climat, mais la productivité agricole risque également de beaucoup diminuer, même au Canada. Les incidences sur les forêts canadiennes seront vraisemblablement graves en raison de la rapidité du changement. Les ressources hydriques pourraient se raréfier dans de nombreuses parties du pays, mais les répercussions sur les pêches maritimes et en eau douce sont actuellement imprévisibles.

L'impact net du changement climatique sur les secteurs économiques et les régions (p. ex., l'agriculture dans les Prairies) dépendra de l'influence du réchauffement sur les précipitations, et de grandes incertitudes entourent cette question. Il faudrait que l'augmentation des précipitations soit très marquée pour contrebalancer la plus grande sécheresse des sols agricoles résultant d'une évaporation accrue. Si les précipitations n'augmentent pas suffisamment et que le réchauffement du climat est supérieur aux prévisions établies en regard de l'équivalent du doublement de la concentration de dioxyde de carbone, les terres renfermant des sols adéquats au nord de la superficie actuellement cultivable ne suffiront pas à compenser la perte de terres agricoles attribuable aux conditions chaudes et sèches dans le Sud. Ce phénomène aurait de graves répercussions sur l'agriculture canadienne.

Même si des efforts énergiques et immédiats sont déployés à l'échelle mondiale pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, nous ne pourrons vraisemblablement pas éviter l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone qui, selon les estimations actuelles, devrait se produire lorsque la concentration de dioxyde de carbone atteindra environ 450 ppmv. En l'absence de telles mesures, nous pouvons nous attendre à des augmentations beaucoup plus fortes. Par conséquent, les décisions politiques prises au Canada et dans le reste du monde détermineront si nous devons nous adapter à un simple doublement ou à quelque chose de plus important.

Dans un certain sens, les conséquences projetées d'un doublement n'ont presque rien à voir avec ces décisions, car même si ce doublement était bénéfique, il nous faudrait toujours éviter des augmentations beaucoup plus importantes dont les conséquences seraient inévitablement préjudiciables. Le rythme du changement doit également être pris en compte parce que des changements qui, en eux-mêmes, peuvent être bénéfiques pour les écosystèmes naturels pourraient être dévastateurs s'ils se produisaient plus rapidement que ne le permet la capacité d'adaptation des écosystèmes. Si les émissions de gaz à effet de serre continuent à leur rythme actuel, nous surpasserons non seulement

l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone, mais nous accélérerons également la vitesse du changement climatique.

En fin de compte, au moins deux arguments irréfutables viennent plaider en faveur d'une réduction impérieuse des émissions globales de gaz à effet de serre. L'un est la nécessité de limiter les émissions à l'équivalent d'un doublement de la concentration de dioxyde de carbone et l'autre, de freiner le rythme du changement climatique.

LES STRATÉGIES D'ADAPTATION

Comment les sociétés humaines peuvent-elles réagir au changement climatique? Trois options sont possibles : attendre et s'adapter au réchauffement à mesure qu'il se produit; prendre certaines mesures d'adaptation en prévision d'un réchauffement futur; et tenter de limiter l'ampleur du réchauffement lui-même. Quelle solution le Canada devrait-il choisir? Le pays sera sans aucun doute contraint de s'adapter à certains aspects du changement climatique à mesure qu'ils se produiront, mais il devrait également tenter de limiter l'ampleur du réchauffement global et de prendre des mesures afin de faire face aux répercussions du réchauffement quel qu'il soit.

Prévoir le réchauffement futur

Étant donné que les gaz à effet de serre ont déjà augmenté et que des décalages inévitables ne permettent pas de réduire suffisamment les émissions pour stabiliser leurs concentrations, un certain réchauffement climatique sera inévitable. Il surviendra pendant la durée de vie de nombreux grands projets en cours de planification, comme des pipelines, des aménagements hydroélectriques et des ouvrages de protection des côtes. Il est donc prudent d'intégrer le changement climatique aux variables dont il faut tenir compte lors de l'évaluation et de la conception de ces projets.

Une forte augmentation de la plantation d'arbres d'ombrage en milieu urbain et le reboisement des régions rurales sont deux mesures utiles qui peuvent être entreprises dès maintenant en prévision du réchauffement futur. Les arbres d'ombrage aident à rafraîchir les zones urbaines en été et peuvent contribuer grandement à modérer l'effet des vagues de chaleur plus écrasantes et plus fréquentes à l'avenir. En milieu rural, le reboisement contribuera au rétablissement de corridors qui faciliteront la migration vers le nord des plantes et des animaux en réaction au déplacement des zones climatiques. Dans certaines parties des régions rurales du sud du Canada, de nombreux boisés sont maintenant isolés les uns des autres. Nous pourrions dès maintenant commencer à les relier afin de rétablir les réseaux naturels. Une telle reconstruction — liaison pourrait notamment comporter le reboisement des berges des ruisseaux et des rivières déboisées, ce qui permettrait également d'atténuer les effets du réchauffement climatique sur les milieux riverains. Dans les régions agricoles, les boisés pourraient être reliés par des brise-vent qui contribueraient également à réduire les pertes d'eau causées par l'évaporation des cultures qui y sont intercalées.

Les stratégies visant à limiter les émissions

Comme il est indiqué au tableau 22.6, le potentiel d'augmentation des gaz à effet de serre est si important qu'il faudra, à un moment donné, restreindre l'utilisation de combustibles fossiles uniquement pour des raisons climatiques. Si cette restriction est appliquée assez vite, le changement climatique et le rythme de ce changement seront moins marqués. Par conséquent, l'adaptation s'en trouvera facilitée et la probabilité d'événements inattendus sera réduite.

Selon les scientifiques qui ont participé à la Conférence mondiale sur l'atmosphère en évolution de 1988, il faudrait réduire les émissions de 50 à 80 % si l'on veut stabiliser la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone. Dans l'intervalle, les participants à la conférence ont recommandé une réduction de l'ordre de 20 % par rapport au niveau de 1988 d'ici 2005. Toutefois, les pays en développement, en raison de leur économie plus fragile et moins diversifiée, seront incapables d'éviter certaines des augmentations à court terme des émissions de gaz à effet de serre.

Il y a consensus à l'effet que la meilleure façon de limiter les émissions de dioxyde de carbone est d'utiliser l'énergie de façon plus efficace. Le Canada présente certainement des possibilités à cet égard (Robinson, 1987). Mais pour les exploiter, il faut que la politique énergétique mette l'accent non pas sur l'offre, mais bien sur l'utilisation finale. Pour le Canada, cela signifie l'abandon d'une économie axée sur les exportations et l'exploitation des ressources en faveur d'une économie de haute technologie fondée sur l'information.

En plus d'épargner aux Canadiens les coûts économiques énormes que pourrait entraîner un changement climatique rapide et important, bon nombre des mesures nécessaires à la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont très souhaitables, ne serait-ce que pour des motifs économiques à court terme. Les économies réalisées au cours de la durée de vie de nombreux dispositifs éconergétiques, comme les appareils d'éclairage et les moteurs industriels à haut rendement, surpassent souvent le coût de remplacement d'un matériel moins efficace.

De plus, les besoins en capital pour améliorer l'efficacité énergétique sont souvent très inférieurs à ceux exigés pour accroître la capacité d'approvisionnement en énergie. Ainsi, il faudrait environ 7,5 millions de dollars pour construire une usine d'ampoules fluorescentes compactes, tandis que le coût de construction d'une centrale pouvant produire la quantité d'électricité économisée grâce à ces ampoules s'élèverait à environ 312 millions de dollars (Gadgil et Rosenfeld, 1990)[5]. De façon similaire, une usine destinée à la fabrication de fenêtres à faible coefficient d'émission peut être construite pour environ 5 millions de

TABLEAU 22.8

Engagements de divers gouvernements nationaux envers une réduction de la contribution de leur pays aux émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO_2) et d'autres gaz à effet de serre [méthane (CH_4) et oxyde nitreux (N_2O)]

Pays	Politique
Allemagne	Réduction de 25 à 30 % des émissions de CO_2 par rapport au niveau de 1987 d'ici 2005
Australie	Stabilisation des émissions de CO_2, de CH_4 et de N_2O aux niveaux de 1988 d'ici l'an 2000; réduction de 20 % d'ici 2005
Autriche	Réduction de 20 % des émissions de CO_2 par rapport au niveau de 1988 d'ici 2005
Belgique	Réduction de 5 % des émissions de CO_2 par rapport au niveau de 1990 d'ici l'an 2000
Canada	Stabilisation des émissions de gaz sans CFC aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000
Danemark	Stabilisation des émissions de CO_2 au niveau de 1988 d'ici l'an 2000; réduction de 20 % d'ici 2005
Finlande	Stabilisation des émissions de CO_2 au niveau actuel
France	Stabilisation des émissions de CO_2 à 2,0 t par habitant d'ici l'an 2000
Islande	Stabilisation des émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990 d'ici l'an 2000
Japon	Stabilisation des émissions de CO_2 par habitant au niveau de 1990 d'ici l'an 2000; stabilisation des émissions totales de CH_4 et, si possible, d'autres gaz, aux niveaux actuels
Norvège	Stabilisation du CO_2 au niveau de 1989 d'ici l'an 2000
Nouvelle-Zélande	Réduction de 20 % des émissions de CO_2 par rapport au niveau de 1990 d'ici 2005
Pays-Bas	Stabilisation des émissions de CO_2 au niveau de 1989–1990 d'ici 1995 (d'ici 1994 si possible); réduction de 3 à 5 % d'ici l'an 2000
Royaume-Uni	Stabilisation des émissions de CO_2 au niveau de 1990 d'ici 2005
Suisse	Aucun engagement formel mais réduction prévue de 10 % des émissions de CO_2 d'ici l'an 2000

Remarque :

1) Les États-Unis et l'U.R.S.S. comptent parmi les pays qui ne sont pas en faveur d'une réduction des émissions à l'heure actuelle. La contribution de ces deux pays s'élève à environ 40 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone.

2) Ce tableau est fondé sur les renseignements les plus à jour disponibles en juin 1991.

dollars et, si elle devait rendre inutile l'aménagement d'installations pour l'exploitation de ressources pétrolières extra-côtières, elle permettrait d'éviter des dépenses en capital de 500 millions de dollars (Rosenfeld, 1988)[6].

Les possibilités d'économies d'énergie procurées par l'amélioration de l'efficacité finiront par diminuer et il faudra faire de plus en plus appel à des sources d'énergie autres que les combustibles fossiles. L'énergie nucléaire est une solution, mais non pas la seule. Parmi les autres possibilités existant au Canada, mentionnons de nouveaux aménagements hydro-électriques, l'utilisation de la biomasse à des fins de production d'électricité et une utilisation limitée de l'énergie marémotrice, éolienne, géothermique et solaire. Il ne serait toutefois pas rentable d'investir dans de nouvelles installations de production d'énergie avant d'avoir apporté toutes les améliorations les moins coûteuses à l'efficacité des utilisations finales, car chaque dollar consacré à une nouvelle forme d'énergie ne peut être investi dans des utilisations plus éconergétiques (Keepin et Kats, 1988).

Une autre stratégie consiste à abandonner les combustibles produisant de fortes émissions de dioxyde de carbone — le charbon et le pétrole — en faveur du gaz naturel dans la mesure où le permettent les réserves qui ne sont pas destinées à l'exportation. La mise en valeur des sables bitumineux entraînerait, par contre, des émissions de dioxyde de carbone encore plus élevées que dans le cas de l'utilisation de pétrole conventionnel (E.J. Wiggins, Alberta Oil Sands Technology and Research Authority, communication personnelle).

Certains suggèrent que la collectivité globale devra passer d'une économie énergétique à base de carbone à une économie axée sur l'hydrogène. L'hydrogène serait produit à partir de l'eau à l'aide de sources d'énergie propres et renouvelables, et utilisé dans toutes les applications dépendant actuellement des combustibles fossiles. Les seuls produits de la combustion de l'hydrogène seront l'eau et l'énergie si la technique d'utilisation finale appropriée est utilisée. On éliminerait ainsi non seulement les émissions de gaz à effet de serre, mais également tous les autres problèmes de pollution atmosphérique liés aux combustibles fossiles. L'Allemagne et le Japon se sont déjà dotés de programmes dynamiques et amplement subventionnés de recherche et de développement portant sur les techniques d'utilisation finale de l'hydrogène et la production de l'hydrogène à partir de sources d'énergie renouvelables.

Les mesures prises jusqu'à maintenant

Un certain nombre de gouvernements — à l'échelle fedérale, provinciale et municipale — ont déjà commencé à réagir au défi du changement climatique. Bon nombre de nations se sont engagées à stabiliser ou à réduire leurs émissions de dioxyde de carbone au cours des prochaines années (tableau 22.8). Le Canada a pris la décision de

[5] On suppose que l'usine produirait deux millions d'ampoules fluorescentes compactes et de régulateurs de puissance par année, ce qui permettrait de réduire la demande d'énergie de base de 208 MW. Pour une centrale type dont le coût d'investissement s'élève à 1500 \$/kW, il s'agit là d'une économie en capital de 312 millions de dollars. Les économies dans la demande de points en électricité et les économies d'investissement correspondantes seraient un peu plus importantes.

[6] On suppose que l'usine laminerait deux millions de mètres carrés de verre par année. Sous le climat du sud de l'Ontario, ces fenêtres permettraient d'économiser l'équivalent de 10 000 barils de pétrole par jour. Sous des climats plus froids, les économies seraient encore plus élevées.

stabiliser ses émissions nettes de dioxyde de carbone au niveau de 1990 d'ici l'an 2000.

La ville de Toronto s'est engagée à se conformer à la recommandation de la Conférence sur l'atmosphère en évolution de 1988, c'est-à-dire une réduction de 20 % des émissions par rapport au niveau de 1988 d'ici 2005. Le comité consultatif environnemental de la ville a récemment publié une série complète de stratégies pour atteindre cet objectif et pour jeter les bases des réductions encore plus importantes qui devront suivre (Special Advisory Committee on the Environment, 1991). La ville de Vancouver étudie attentivement une série globale de mesures à prendre pour réduire substantiellement ses émissions de dioxyde de carbone. D'autres comités municipaux, provinciaux et fédéraux étudient actuellement le problème.

Dans le secteur privé, l'industrie chimique joue un rôle de premier plan dans l'élimination de l'utilisation des CFC, ce qui, en plus de protéger la couche d'ozone, éliminera une classe de gaz à effet de serre dont les effets auraient pu présenter plus de risques que le dioxyde de carbone. Dans l'industrie de transformation des métaux, un certain nombre de mesures sont actuellement mises en œuvre pour réduire les émissions à l'origine des dépôts acides. Parmi ces mesures, mentionnons le remplacement des anciennes installations de production par des techniques plus avancées et plus efficaces qui réduisent de façon substantielle l'utilisation de combustibles fossiles. Dans une veine similaire, le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie et l'Association canadienne de l'électricité annonçaient récemment un programme quinquennal de recherche visant à mettre au point des fours et des chaudières utilisant des procédés de combustion qui permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de polluants acidogènes.

Dans le secteur résidentiel, des progrès ont également été accomplis pour réduire les émissions. Ainsi, une maison construite récemment à des fins de démonstration au nord de Toronto devrait ne consommer qu'environ 40 % de l'énergie totale utilisée par une maison R-2000 comparable. Jusqu'à tout récemment, les maisons R-2000 représentaient les habitations les plus éconergétiques sur le marché, ne nécessitant qu'environ les deux tiers des besoins en énergie d'une maison conventionnelle comparable.

Le rôle du Canada

La solution du problème des émissions de gaz à effet de serre exige une coopération globale. Le Canada, en tant que pays riche et avancé sur le plan technique et ayant l'un des taux les plus élevés d'émissions de dioxyde de carbone par habitant, doit tout particulièrement donner l'exemple. Il faudra faire preuve de créativité et innover pour réduire les émissions de gaz à effet de serre au Canada. Les innovations techniques ne sont pas suffisantes à elles seules. Des innovations politiques, institutionnelles et économiques seront également nécessaires.

De plus en plus de faits tendent à prouver que la biosphère, sous des latitudes nordiques, absorbe une partie importante du dioxyde de carbone atmosphérique d'origine anthropique (Tans et collab., 1990). Les forêts du Canada, sous l'effet d'un changement climatique rapide, pourraient ne plus être le drain net souhaitable mais une source nette de dioxyde de carbone. Cette perspective confère aux Canadiens la responsabilité particulière de préserver la santé des vastes étendues de terrains boisés qui couvrent ce pays.

Le défi du réchauffement global exigera une coopération mondiale sans précédent. Les incidences sur le Canada étant en grande partie tributaires de ce qui se produira ailleurs, il est essentiel que ce pays donne le bon exemple. Le défi technique posé par la réduction des émissions de gaz à effet de serre est en même temps une occasion exceptionnelle qui peut redonner aux Canadiens un environnement et une économie en santé s'ils savent la saisir.

OUVRAGES CITÉS

Arthur, L. 1988. *Les répercussions du changement climatique sur l'agriculture dans les provinces des Prairies.* Sommaire du changement climatique 88–01. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Boden, T.A., P. Kanciruk et M.P. Farrell. 1990. *Trends '90: a compendium of data on global change.* Oak Ridge National Laboratory, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee.

Bolle, H.-J., W. Seiler et B. Bolin. 1986. « Other greenhouse gases and aerosols. » Pages 157–203 dans : Bolin, B., B.R. Doos, J. Jager et R.A. Warrick (réd.). *The greenhouse effect, climatic change, and ecosystems* (SCOPE 29). John Wiley, Chichester.

Brown, R., et K. Walsh. 1986. *Canadian climate seasonal scenarios for a CO_2-induced global warming.* Rapport 86–14. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Chappellaz, J., J.M. Barnola, D. Raynaud, Y.S. Korotkevich et C. Lorius. 1990. « Ice core record of atmospheric methane over the past 160 000 years. » *Nature*, 345(6271) : 127–131.

Cicerone, R.J., et R.S. Oremland. 1988. « Biogeochemical aspects of atmospheric methane. » *Global Biogeochemical Cycles*, 2(4) : 299–327.

Cohen, S.J., L.E. Welsh et P.Y.T. Louie. 1989. *Possible impacts of climatic warming scenarios on water resources in the Saskatchewan River basin.* Centre climatique canadien, rapport n° 89–09. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Davis, M. 1989. « Lags in vegetation response to greenhouse warming. » *Climatic Change*, 15(1–2) : 75–82.

Egginton, P.A., et J.T. Andrews. 1989. « Sea levels are changing. » *Geos*, 18(2) : 15–22.

Fisher, D.A., C.H. Hales, W.-C. Wang, M.K.W. Ko et N.D. Sze. 1990. « Model calculations of the relative effects of CFCs and their replacements on global warming. » *Nature*, 344(6266) : 513–516.

Forêts Canada. 1990. *Regards sur la foresterie.* Direction générale de l'économie et des statistiques, Ottawa.

Foukal, P., et J. Lean. 1990. « An empirical model of total solar irradiance variation between 1874 and 1988. » *Science*, 247(4942) : 556–558.

Gadgil, A., et A.H. Rosenfeld. 1990. *Conserving energy with compact fluorescent lamps.* Lawrence Berkeley Laboratory, Center for Building Science, Berkeley, Californie.

Groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude du changement climatique. 1990. *Rapport du groupe de travail I. Aspects scientifiques. Vol. I.* Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Hansen, J., A. Lacis, D. Rind, G. Russell, P. Stone, I. Fung, R. Ruedy et J. Lerner. 1984. « Climate sensitivity: analysis of feedback mechanisms. » Pages 130–163 dans : Hansen, J.E., et T. Takahashi (réd.). *Climate processes and climate sensitivity.* American Geophysical Union, Washington, DC.

Harvey, L.D.D. 1989. « Managing atmospheric CO_2. » *Climatic Change*, 15(3) : 343–381.

Harvey, L.D.D. 1990. « Managing atmospheric CO_2: Policy implications. » *Energy*, 15(2) : 91–104.

Harvey, L.D.D. 1991. « Commentary on "Tropical Deforestation and Atmospheric Carbon Dioxide". » *Climatic Change*, 19(1–2): 119–121.

Hekstra, G.P. 1986. « Will climatic change flood the Netherlands? Effects on agriculture, land use and well-being. » *Ambio*, 15(6) : 316–326.

Hengeveld, H. 1991. *Comprendre l'atmosphère en évolution. Revue de la science de base et des implications d'un changement du climat et d'un appauvrissement de la couche d'ozone.* Rapport EDE n° 91-2. Environnement Canada, Ottawa.

Hough, A.M., et R.G. Derwent. 1990. « Changes in the global concentration of tropospheric ozone due to human activities. » *Nature*, 344(6267) : 645–648.

Houghton, R.A. 1991. « Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. » *Climatic Change*, 19(1–2): 99–118.

IBI Group. 1990. *Les répercussions du changement climatique à long terme sur les transports au Canada.* Sommaire du changement climatique 90–02. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Jaques, A.P. 1990. *Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987).* Rapport SPE 5/AP/2. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Jones, P.D., et T.M.L. Wigley. 1990. « La Terre se réchauffe. » Pages 38–47 dans : *Pour la Science*, n° 156, octobre 1990.

Keepin, B., et G. Kats. 1988. « Greenhouse warming: Comparative analysis of nuclear and efficiency abatement strategies. » *Energy Policy*, 16(6) : 538–561.

Kellogg, W.W., et Z.-ci Zhao. 1988. « Sensitivity of soil moisture to doubling of carbon dioxide in climate model experiments. Part I: North America. » *Journal of Climate*, 1(4) : 348–366.

Khalil, M.A.K., et R.A. Rasmussen. 1988*a*. « Carbon monoxide in the earth's atmosphere: Indications of a global increase. » *Nature*, 322(6161) : 242–245.

Khalil, M.A.K., et R.A. Rasmussen. 1988*b*. « Nitrous oxide: Trends and global mass balance over the last 3000 years. » *Annals of Glaciology*, 10 : 73–79.

Kosteltz, A., et M. Deslauriers. 1990. *Inventaire canadien des émissions des principaux contaminants atmosphériques (1985).* Rapport SPE 5/AP/3. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Krause, F., W. Bach et J. Koomey. 1989. *Energy policy in the greenhouse.* International Project for Sustainable Energy Paths, El Cerrita, Californie.

Lamothe et Périard, Consultants. 1988. *Répercussions du changement climatique sur l'industrie du ski alpin au Québec.* Sommaire du changement climatique 88–03. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Lamothe et Périard, Consultants. 1989. *Répercussions d'un changement climatique sur les besoins en eau des municipalités et l'industrie du golf au Québec.* Sommaire du changement climatique 89–04. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Lane, P., and Associates. 1988. *Étude préliminaire des effets éventuels d'une hausse d'un mètre du niveau de la mer à Charlottetown, dans l'Île-du-Prince-Édouard.* Sommaire du changement climatique 88–02. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Luckman, B.H., et M.S. Kearny. 1986. « Reconstruction of Holocene changes in alpine vegetation and climate in the Maligne Range, Jasper National Park, Alberta. » *Quaternary Research*, 26(2) : 244–261.

MacDonald, G.J. 1990. « Role of methane clathrates in past and future climates. » *Climatic Change*, 16(3) : 247–281.

Mandrak, N.E. 1989. « Potential invasion of the Great Lakes by fish species associated with climatic warming. » *Journal of Great Lakes Research*, 15(2) : 306–316.

Meisner, J.D., J.L. Goodier, H.A. Regier, B.J. Shuter et W.J. Christie. 1987. « An assessment of the effects of climate warming on Great Lakes basin fishes. » *Journal of Great Lakes Research*, 13(3) : 340–352.

Météo-Globe Canada Inc. 1989. *Conséquences des scénarios de changement climatique sur les infrastructures liées à la production d'hydro-électricité au Québec.* Projet 15SD-KM351-8-S101. Dollard-des-Ormeaux (Québec).

Mitchell, J.F.B., C.A. Senior et W.J. Ingram. 1989. « CO_2 and climate: A missing feedback? » *Nature*, 341(6238) : 132–134.

Murty, T.S., et F.R. Bernard. 1985. *Atmospheric carbon dioxide: a review and recommendations for fisheries on the Pacific coast of Canada.* Rapport inédit. Institut des sciences océaniques, Pêches et Océans Canada, Sidney (Colombie-Britannique).

Nations Unies. 1990. *Annuaire démographique 1980.* Bureau de la statistique, Département des affaires économiques et sociales, New York.

Neftel, A., E. Moor, H. Oeschger et B. Stauffer. 1985. « Evidence from polar ice cores for the increase in atmospheric CO_2 in the past two centuries. » *Nature*, 315(6014) : 45–47.

Organisation mondiale de la santé. 1990. *Potential health effects of climatic change.* WHO/PEP/90.10. WHO Prevention of Environmental Pollution Unit, Genève.

Pearman, G.I., D. Etheridge, F. deSilva et P.J. Fraser. 1986. « Evidence of changing concentrations of atmospheric CO_2, N_2O and CH_4 from air bubbles in Antarctic ice. » *Nature*, 320(6059) : 248–250.

Raval, A., et V. Ramanathan. 1989. « Observational determination of the greenhouse effect. » *Nature*, 342(6251) : 758–761.

Regier, H.A., J.J. Magnuson, B.J. Shuter, D.K. Hill, J.A. Holmes et J.D. Meisner. 1989. « Likely effects of global climate change on fish associations of the Great Lakes. » Pages 234–255 dans : Topping, J.C. (réd.). *Coping with climate change, Proceedings of the 2nd North American Conference on Preparing for Climate Change.* Climate Institute, Washington, DC.

Rind, D. 1991. « Climate variability and climate change. » Dans : Schlesinger, M.E. (réd.). *Greenhouse-gas-induced climatic change.* Elsevier, Amsterdam.

Rizzo, B., et E.B. Wiken. 1989. « Assessing the sensitivity of Canada's ecosystems to climatic change. » Pages 94–111 dans : *Landscape-ecological impacts of climate change, discussion report on Fennoscandian Regions.* Ministère hollandais de l'Environnement, Amsterdam.

Robinson, J.B. 1987. « Insurmountable opportunities? Canada's energy efficiency resources. » *Energy*, 12(5) : 403–417.

Rosenfeld, A. 1988. *High tech window coatings "supply" energy services.* Conservation Research Note. Lawrence Berkeley Laboratory, Center for Building Science, Berkeley, Californie.

Rotty, R.M. 1987. « Estimates of seasonal variation in fossil fuel CO_2 emissions. » *Tellus*, 39B(1–2) : 184–202.

Rotty, R.M., et G. Marland. 1980. « Constraints on fossil fuel use. » Pages 191–212 dans : Bach, W., J. Pankrath et J. Williams (réd.). *Interactions of energy and climate.* Reidel, Dordrecht, Hollande.

Sanderson, M. 1987. *Répercussions d'un changement de climat sur la navigation et la production d'électricité dans les Grands Lacs.* Sommaire du changement climatique 87–03. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Schlesinger, M.E., et J.F.B. Mitchell. 1987. « Climate model simulations of the equilibrium climatic response to increased carbon dioxide. » *Reviews of Geophysics*, 25(4) : 760–798.

Singh, B. 1988. *Impacts d'un changement climatique sur les ressources naturelles du Québec.* Sommaire du changement climatique 88–08. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Smit, B. 1987. *Conséquences du changement climatique sur l'agriculture en Ontario.* Sommaire du changement climatique 87–02. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Solomon, A.M. 1986. « Transient response of forests to CO_2-induced climate change: Simulation modeling experiments in eastern North America. » *Oecologia*, 68(4) : 567–579.

Sorenson, C.J., J.C. Knox, J.A. Larsen et R.A. Bryson. 1971. « Paleosols and the forest border in Keewatin, N.W.T. » *Quaternary Research*, 1(4) : 468–473.

Special Advisory Committee on the Environment. 1991. *The changing atmosphere: strategies for reducing CO_2 emissions. Policy Overview, and Technical Volume.* Resource Centre, City Hall, Toronto.

Statistique Canada. 1991. *L'observateur économique canadien : Supplément statistique historique, 1990–1991.* Ottawa.

Tans, P.P., I.Y. Fung et T. Takahashi. 1990. « Observational constraints on the global atmospheric CO_2 budget. » *Science*, 247(4949) : 1431–1438.

The DPA Group Inc. 1988. *Changement climatique causé par le CO_2 en Ontario : interdépendances et stratégies en matière de ressources.* Sommaire du changement climatique 88–09. Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, Downsview (Ontario).

Thompson, A.M., et R.J. Cicerone. 1986. « Atmospheric CH_4, CO and OH from 1860 to 1985. » *Nature*, 321(6066) : 148–150.

Wall, G. 1988. *Incidences du changement climatique sur le tourisme et les loisirs en Ontario.* Sommaire du changement climatique 88–05. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Wall, G. 1989. *Incidences du changement climatique sur le parc national de Prince-Albert, Saskatchewan.* Sommaire du changement climatique 89–03. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Warner, C.D. 1897. Éditorial paru dans *The Hartford Courant* le 24 août 1897.

Washington, W.M., et G.A. Meehl. 1984. « Seasonal cycle experiment on the climate sensitivity due to doubling of CO_2 with an atmospheric general circulation model coupled to a simple mixed-layer ocean model. » *Journal of Geophysical Research*, 89(D6) : 9475–9503.

Wetherald, R.T., et S. Manabe. 1988. « Cloud feedback processes in a general circulation model. » *Journal of the Atmospheric Sciences*, 45(8) : 1397–1415.

Williams, G.D.V., R.A. Fautley, K.H. Jones, R.B. Stewart et E.E. Wheaton. 1988. *Évaluation des effets du changement climatique sur l'agriculture en Saskatchewan, Canada.* Sommaire du changement climatique 88–06. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview (Ontario).

Wilson, C.A., et J.F.B. Mitchell. 1987. « A doubled CO_2 climate sensitivity experiment with a global climate model including a simple ocean. » *Journal of Geophysical Research*, 92(D11) : 13 315–13 343.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Bruce, J.P. 1990. *The atmosphere of the living planet Earth.* Publication n° 735. Organisation météorologique mondiale, Genève.

Comité permanent de l'environnement. 1991. *En rupture d'équilibre : le risque de changements climatiques irréversibles.* Chambre des communes, Ottawa.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Stratégie pour une action nationale concernant le réchauffement de la planète.* Winnipeg.

Ferguson, H.L. 1989. *Greenhouse warming — Scientific aspects and approaches to an international agreement.* Protection de l'Atmosphère : Assemblée internationale d'experts juridiques et politiques, Ottawa.

Houghton, R.A., et G.M. Woodwell. 1989. « Global climatic change. » *Scientific American*, 260(4) : 36–44.

Lyman, F., I. Mintzer, K. Courrier et J. MacKenzie. 1990. *The greenhouse trap.* Beacon Press, Boston.

Organisation météorologique mondiale. 1990. *WMO and global warming.* Publication n° 741. Genève.

Phillips, D. 1990. *Les climats du Canada.* Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa.

Programme mondial de recherche climatique. 1990. *Global Climate Change.* Organisation météorologique mondiale et Conseil international des unions scientifiques, Genève.

Schneider, S.H. 1989. *Global warming: Are we entering the greenhouse century?* Sierra Club Books, San Francisco.

Schneider, S.H. 1989. « The changing climate. » *Scientific American*, 261(3) : 70–78.

Wall, G., et M. Sanderson (réd.). 1990. *Climate change: Implications for water and ecological resources.* Département de géographie, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

REMERCIEMENTS

La rédaction de ce chapitre a été effectuée sous contrat, pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement, par L.D. Danny Harvey, département de géographie, Université de Toronto. De précieuses contributions ont été apportées aux versions préliminaires du manuscrit par Henry Hengeveld, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada (Downsview, Ontario), et Art Jaques, Protection de l'environnement, Environnement Canada (Ottawa).

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes, qui ont développé la matière du chapitre et enrichi les illustrations : F.K. Hare, chancelier, Université de Trent (Peterborough), et Geoff Wall, département de géographie, Université de Waterloo (Waterloo, Ontario).

Plusieurs personnes ont revu le manuscrit en totalité ou en partie à diverses étapes de son élaboration et ont apporté des conseils précieux sur son contenu et sa présentation. Nous remercions particulièrement Mark Raizenne, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa), et Bruce Mitchell, Statistique Canada (Ottawa).

John Anderson, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par David Francis et Judy Lord, avec la collaboration de Susan Burns.

23

POINTS SAILLANTS

Par suite de la découverte de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, on a admis que les problèmes environnementaux touchent l'ensemble du globe et peuvent avoir des répercussions catastrophiques.

■

L'existence du trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique a été confirmée et imputée dans une large mesure aux CFC, des produits chimiques employés dans les appareils de réfrigération, les vaporisateurs, les extincteurs et divers procédés industriels.

■

Il semble de plus en plus plausible qu'un trou similaire apparaisse chaque printemps au-dessus de l'Arctique et que les concentrations mondiales d'ozone stratosphérique soient en baisse.

■

En dépit de l'absence de preuves formelles de l'augmentation du rayonnement ultraviolet (UV-B) parvenant à la surface de la Terre, les substances destructrices d'ozone libérées jusqu'à présent dans l'atmosphère auront des effets dont on ignore l'ampleur sur l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, sur la santé et sur l'environnement.

■

La ratification, en 1987, du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone a constitué une étape cruciale sur la voie de la protection efficace de l'ozonosphère.

■

La modification apportée au Protocole de Montréal en juin 1990 prévoit l'abandon de la production et de l'importation de la plupart des produits chimiques destructeurs d'ozone d'ici l'an 2000, ce qui constitue un nouveau progrès. Le Canada s'est engagé à atteindre cet objectif d'ici 1997.

■

Le défi que doit maintenant relever notre pays est d'achever la phase I du Protocole et, en dépit d'une situation politique et économique internationale instable, de mettre en œuvre avec succès les mesures subséquentes.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction ... 23-4

La formation et la répartition de l'ozone stratosphérique ... 23-4

Les craintes entourant l'intégrité de la couche d'ozone ... 23-6

L'appauvrissement de l'ozone : causes, modes et tendances ... 23-8
- Les mécanismes chimiques de l'appauvrissement de l'ozone ... 23-8
- L'appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Antarctique ... 23-9
- Un trou d'ozone au-dessus de l'Arctique? ... 23-10
- Les tendances à l'échelle mondiale ... 23-11

Les effets biologiques ... 23-13

Le rayonnement UV-B a-t-il augmenté? ... 23-15

L'ozone et le climat ... 23-17

L'avenir : la gestion de la stratosphère ... 23-18
- Comment pouvons-nous prévoir les événements futurs? ... 23-18
- Pouvons-nous nous passer des substances destructrices d'ozone? ... 23-18
  - Les produits de remplacement : HCFC, HFC et HC ... 23-20
  - Les produits de remplacement non apparentés ... 23-22
  - Récupération, recyclage et réutilisation des substances destructrices d'ozone et révision des méthodes et procédés ... 23-22

Les mesures gouvernementales ... 23-23
- Le Protocole de Montréal ... 23-23
- Les programmes fédéraux et le Plan vert du Canada ... 23-24

Résumé et conclusion ... 23-24

Ouvrages cités ... 23-25

Pour de plus amples renseignements ... 23-26

Remerciements ... 23-27

Liste des encadrés

23.1 Les CFC à la maison **23-19**
23.2 Les produits chimiques destructeurs d'ozone **23-20**

Liste des figures

23.1 Formation et fragmentation naturelles de l'ozone dans la stratosphère **23-5**
23.2 Structure verticale de l'atmosphère et répartition verticale de l'ozone **23-5**
23.3 Répartition mondiale moyenne de l'ozone naturel **23-6**
23.4 Valeurs printanières de l'ozone au-dessus de l'Antarctique, 1956–1985 ..... **23-7**
23.5 Abondance de l'ozone total au-dessus de la région du pôle Sud, le 10 octobre 1989 ..... **23-8**
23.6 Destruction de l'ozone par des catalyseurs **23-9**
23.7 Comparaison des concentrations de monoxyde de chlore et d'ozone au-dessus de l'Antarctique durant le phénomène d'appauvrissement de la couche d'ozone de 1987 ..... **23-10**
23.8 Rayonnement solaire reçu à la surface de la Terre, par longueur d'onde **23-13**
23.9 Taux de mortalité dû au mélanome malin aux États-Unis, selon la latitude **23-14**
23E.1 Consommation mondiale de CFC par région, 1987 ..... **23-21**

Liste des tableaux

23.1 Tendances de l'ozone total au Canada, 1965–1986 ..... **23-13**
23.2 Scénarios d'appauvrissement de l'ozone et projections pour 2060 ..... **23-19**
23.3 Le Protocole de Montréal : mesures révisées **23-24**

> **« L'hypothèse d'un appauvrissement de moitié de la couche d'ozone stratosphérique sous certaines latitudes et pendant des saisons données aurait semblé absurde et alarmiste au début des années 1980. »**
>
> Solomon, 1990

INTRODUCTION

L'ozone est l'un des constituants de l'atmosphère les plus discrets en même temps que l'un des plus importants. Il représente moins d'une partie par million du volume total de l'atmosphère, mais il est indispensable à la vie sur la Terre. L'ozone a la propriété d'absorber le rayonnement ultraviolet du Soleil et protège donc, en partie, les êtres qui vivent à la surface de la Terre des effets destructeurs de ces rayons. En réémettant l'énergie absorbée sous forme de chaleur, il influe également sur la structure thermique et la circulation de l'atmosphère, agissant ainsi sur les configurations météorologiques et climatiques du globe.

Bien que cet élément existe en faibles quantités dans la basse atmosphère, où il est alors un polluant, la majeure partie de l'ozone du globe se trouve dans la stratosphère, à quelque 15 à 50 km au-dessus de la surface de la Terre. L'ozone atteint sa plus forte concentration, soit environ 10 ppmv, à une altitude d'environ 25–35 km, où il forme ce que l'on appelle communément la couche d'ozone, ou ozonosphère. À l'évidence, toute interférence avec la couche d'ozone pourrait avoir de lourdes conséquences sur la vie sur la Terre.

Au cours des dernières années, l'ozone stratosphérique a diminué et il est de plus en plus évident que ce phénomène est causé par la pollution industrielle. Ce chapitre décrit les changements observés, examine ce qui est déjà connu au sujet de l'appauvrissement de la couche d'ozone, ainsi que les effets potentiels de l'augmentation du rayonnement ultraviolet sur les humains et l'environnement. Certaines solutions possibles au problème sont discutées.

LA FORMATION ET LA RÉPARTITION DE L'OZONE STRATOSPHÉRIQUE

Il y a production d'ozone lorsque le rayonnement ultraviolet de haute énergie du Soleil frappe une molécule d'oxygène et la brise en deux atomes d'oxygène hautement réactifs (figure 23.1). Ces atomes se combinent ensuite rapidement avec des molécules d'oxygène intactes pour former l'ozone.

L'ozone peut être fragmenté ou dissocié par la lumière solaire (Chapman, 1930), un processus appelé photolyse. Il peut aussi être fragmenté en réagissant dans l'atmosphère avec divers produits chimiques, plus particulièrement les oxydes d'hydrogène appelés radicaux libres hydroxyle et hydropéroxyle. Les oxydes d'azote jouent également un rôle crucial dans la destruction de l'ozone (Crutzen, 1970); ils sont particulièrement importants, car leur abondance dans l'atmosphère est déterminée par des facteurs d'origine tant anthropique que naturelle.

La formation et la destruction de l'ozone ont lieu simultanément. Dans une atmosphère normale non perturbée, ces processus s'équilibrent mutuellement et les concentrations d'ozone se maintiennent dans des limites passablement bien définies.

La répartition de l'ozone est étroitement liée à la structure verticale de l'atmosphère (figure 23.2). La couche la plus basse, la troposphère, est la région turbulente et humide où ont lieu les phénomènes climatiques et météorologiques. Elle s'étend sur environ 10 à 15 km au-dessus de la surface de la Terre et est caractérisée par une diminution de la température avec l'altitude. Au-dessus de la troposphère se trouve la stratosphère, dont la couche supérieure atteint une altitude d'environ 50 km. Cette couche est caractérisée par un air relativement sec et stable et par une augmentation de la température avec l'altitude.

La limite entre les deux couches est appelée tropopause; à ce niveau, les mélanges s'effectuent lentement. Le temps de passage des substances d'une couche à l'autre est d'ordinaire très long, sauf dans le cas de phénomènes violents tels les orages de grande intensité, les éruptions volcaniques et les

fortes explosions nucléaires à la surface de la Terre, qui ont le pouvoir d'injecter les substances directement à travers la tropopause jusqu'à la stratosphère.

La formation de l'ozone a lieu principalement dans la stratosphère, où le rayonnement ultraviolet intense et non atténué interagit en premier lieu avec des quantités importantes d'oxygène sous forme moléculaire. La tropopause empêchant son transport descendant vers la troposphère, la majeure partie de l'ozone du globe, environ 80 %, reste dans la stratosphère. Par ailleurs, la tropopause fait également obstacle au transport ascendant des produits chimiques qui sont présents dans la basse atmosphère et qui détruisent l'ozone. En conséquence, la plupart de ces substances sont dissociées dans la troposphère par des processus physiques et chimiques avant d'avoir eu le temps d'atteindre la stratosphère en quantités importantes.

La quantité totale d'ozone se trouvant à la verticale d'un point donné à la surface de la Terre est appelée la colonne atmosphérique d'ozone. Elle se mesure habituellement en unités Dobson (UD), 100 UD représentant une couche imaginaire d'ozone gazeux pur d'une épaisseur de 1 mm à la pression et à la température normales au niveau de la mer. Globalement, la concentration moyenne d'ozone est égale à 350 UD, soit l'équivalent de 3,5 mm de gaz pur comprimé à la température et à la pression de la surface de la Terre.

Du fait des configurations de la circulation stratosphérique, l'ozone n'est pas réparti uniformément autour du globe (figure 23.3). Dans la stratosphère supérieure, le rayonnement solaire induit la fragmentation de l'ozone à une vitesse à peu près égale à celle de sa formation. Dans la basse stratosphère, en dessous de 25 km, l'ozone est plus stable et son temps de séjour est assez long pour qu'il puisse être transporté horizontalement et verticalement sur de grandes distances par les vents stratosphériques. Ces vents transportent l'ozone de

FIGURE 23.1

Formation et fragmentation naturelles de l'ozone dans la stratosphère

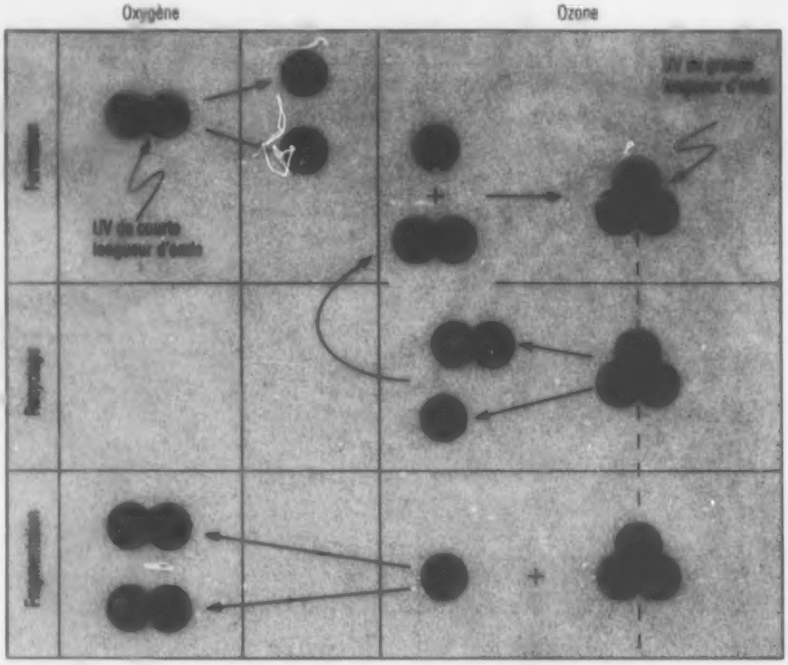
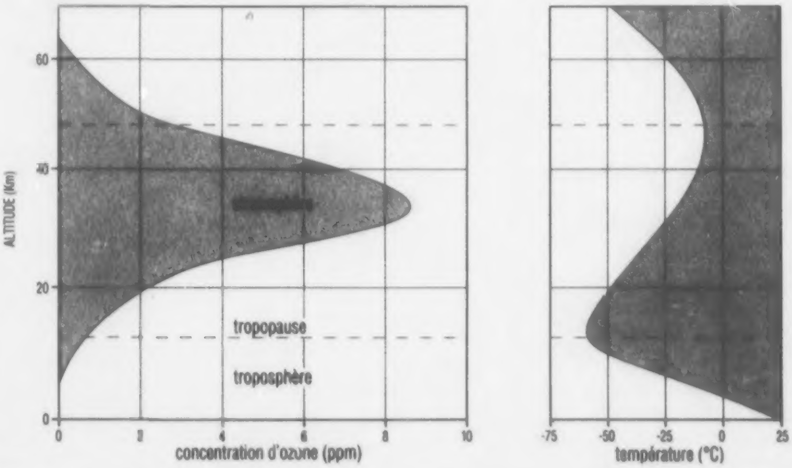


FIGURE 23.2

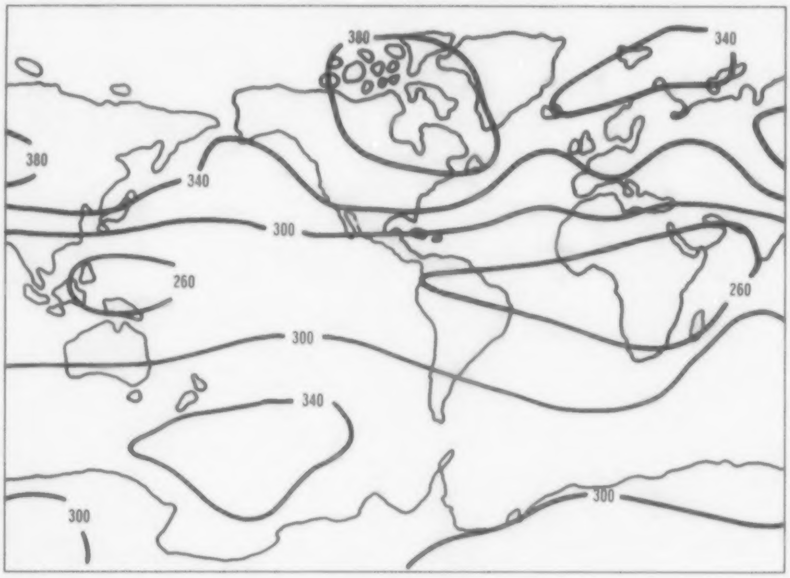
Structure verticale de l'atmosphère et répartition verticale de l'ozone



Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1987.

FIGURE 23.3

Répartition mondiale moyenne de l'ozone naturel



Remarque : Les concentratrions d'ozone sont mesurées en unités Dobson (UD).
Source : London et Angell, 1982.

l'équateur vers les pôles, et les concentrations naturelles d'ozone, qui atteignent des valeurs plus élevées que les moyennes apparaissant à la figure 23.3, varient selon la latitude d'environ 250 UD au-dessus des tropiques à quelque 450 UD au-dessus des régions subpolaires. L'ozone s'accumule ainsi au-dessus des régions polaires en quantités particulièrement importantes durant l'hiver, ce qui donne lieu à des concentrations pouvant atteindre 600 UD lors du printemps polaire.

En plus de varier dans l'espace, les quantités d'ozone varient dans le temps et fluctuent en fonction du moment de la journée, de la saison et de nombreux autres phénomènes naturels dont les cycles se mesurent en années. Il convient de tenir compte de toutes ces influences pour déterminer avec certitude si les quantités d'ozone augmentent ou diminuent et pour dissocier les effets des facteurs anthropiques et artificiels des facteurs naturels sur l'atmosphère.

LES CRAINTES ENTOURANT L'INTÉGRITÉ DE LA COUCHE D'OZONE

La possibilité que les activités humaines puissent mettre en péril la couche d'ozone a été envisagée pour la première fois au début des années 1960, lorsqu'on a affirmé que la vapeur d'eau produite par les avions et les fusées volant dans la stratosphère pouvait être à l'origine d'un appauvrissement de l'ozone (Hampson, 1964, 1974). Cette crainte s'est intensifiée au début des années 1970, car un nombre croissant de missiles et d'avions supersoniques militaires pénétraient dans la stratosphère et l'on s'attendait que les lignes aériennes mettent en service des avions supersoniques de transport volant aux altitudes stratosphériques. On avançait également que les oxydes d'azote produits par l'échappement des avions pouvaient être nuisibles à l'ozone. L'utilisation massive d'avions supersoniques de transport ne s'est jamais matérialisée. Cependant, en raison de l'inquiétude causée par les émissions d'oxydes d'azote provenant des engrais agricoles et de la combustion de combustibles fossiles, l'ozone stratosphérique a continué de préoccuper les scientifiques et le public (Crutzen, 1970; Johnston, 1971).

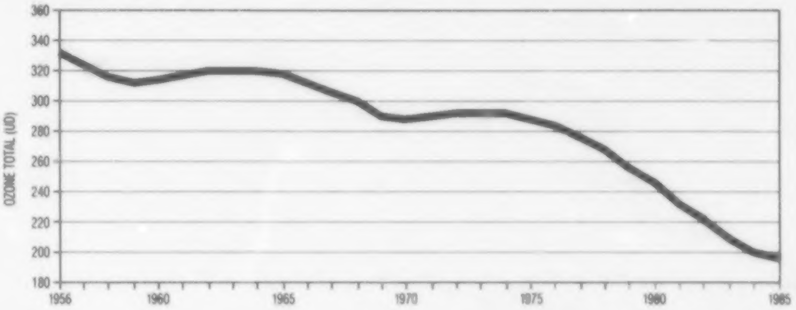
La mise au point de la première navette spatiale par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) posait une nouvelle menace : la possibilité que le chlore, un élément présent à l'état de traces dans les gaz d'échappement de la navette, entraîne un appauvrissement de l'ozone. On a rapidement établi que cette menace était négligeable, mais l'intérêt pour le potentiel destructeur du chlore a été ravivé peu de temps après avec la découverte de la présence de CFC dans l'atmosphère.

Les CFC sont des produits chimiques synthétiques stables et non toxiques ayant un vaste éventail d'applications; on les utilise comme frigorigènes, propulseurs d'aérosol, solvants industriels, liquides de dégraissage, agents de gonflement pour mousse et dans de nombreux autres procédés de fabrication. On n'a pas remarqué immédiatement que les CFC présentaient un danger pour l'environnement, mais plusieurs scientifiques se sont intéressés au devenir de ces produits chimiques dans l'atmosphère. Cet intérêt s'est mué en inquiétude lorsque Molina et Rowland (1974) ont affirmé que les CFC, à cause de leur grande stabilité chimique, persistaient dans l'atmosphère assez longtemps pour se diffuser vers le haut dans la stratosphère, où ils étaient exposés à un rayonnement solaire intense et se dissociaient pour libérer des atomes de chlore réactifs, lesquels entraînaient la fragmentation de l'ozone.

Des études chimiques subséquentes, notamment celles effectuées par Stolarski et Cicerone (1974), ont permis d'étendre et de clarifier le schéma des réactions par lesquelles les CFC contribuent à la fragmentation de l'ozone. Toutefois, pendant un certain temps,

FIGURE 23.4

Valeurs printanières de l'ozone au-dessus de l'Antarctique, 1956–1985



Remarque : Les mesures des quantités d'ozone total effectuées au-dessus de Halley Bay, dans l'Antarctique, durant le printemps de l'hémisphère Sud, ont montré une diminution de 40 % entre 1956 et 1985. La courbe représente la moyenne pondérée des mesures annuelles.

Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1987.

rien n'est venu prouver directement que de telles réactions survenaient réellement dans l'atmosphère. Il s'agissait d'une nouvelle hypothèse qui soulevait naturellement une certaine résistance, notamment de la part des producteurs et des utilisateurs de CFC.

La controverse entourant les CFC et les autres menaces potentielles pour la couche d'ozone a duré jusqu'au début des années 1980. Les études en laboratoire et sur le terrain, conjuguées à l'emploi croissant de techniques de simulation par ordinateur permettant de modéliser le comportement dynamique et chimique de l'atmosphère, ont apporté de nouvelles preuves à l'appui de la nocivité, pour la couche d'ozone, du chlore libéré par les CFC. Le projet Stratoprobe d'Environnement Canada, par exemple, a permis d'explorer la haute atmosphère au-dessus de la Saskatchewan, de confirmer la fragmentation des CFC dans la stratosphère et de mettre en évidence la présence de monoxyde de chlore, un important indicateur de l'existence de réactions de destruction de l'ozone. D'après une autre étude, le brome (appartenant, comme le chlore, à la famille des halogènes) constituait également une menace importante pour l'ozone (Wofsy et collab., 1975). Cette hypothèse a suscité une vive inquiétude au sujet des émissions de halons, des composés qui contiennent du brome; ils sont largement employés comme agents extincteurs et ressemblent à plusieurs égards aux CFC.

C'est en 1985 que l'on annoncé que les valeurs printanières de l'ozone au-dessus de l'Antarctique avaient diminué de près de 50 % depuis la fin des années 1970 (Farman et collab., 1985), phénomène que l'on a appelé communément mais incorrectement le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique. Cette nouvelle a d'abord été accueillie avec scepticisme, mais elle n'a pas tardé à être confirmée par d'autres chercheurs utilisant des instruments basés au sol (Chubachi, 1985) et des capteurs placés à bord de satellites. En outre, un examen des données antérieures a montré que leur interprétation avait été erronée, et leur réévaluation a également confirmé les nouveaux résultats.

Jusqu'alors, les scientifiques ne s'étaient pas rendu compte qu'une perte d'ozone majeure avait déjà eu lieu. Des pertes avaient été prévues, mais on ne s'attendait pas qu'elles soient si marquées, ni qu'elles se produisent dans la basse stratosphère au-dessus de l'Antarctique. En fait, selon les meilleures projections de l'époque, la colonne atmosphérique d'ozone pouvait s'appauvrir d'environ 5 %, le changement le plus marqué devant se produire à une hauteur de 40 km sous les latitudes moyennes, probablement au cours du siècle prochain (Solomon, 1990). Les phénomènes d'appauvrissement au-dessus de l'Antarctique constituaient donc une surprise totale.

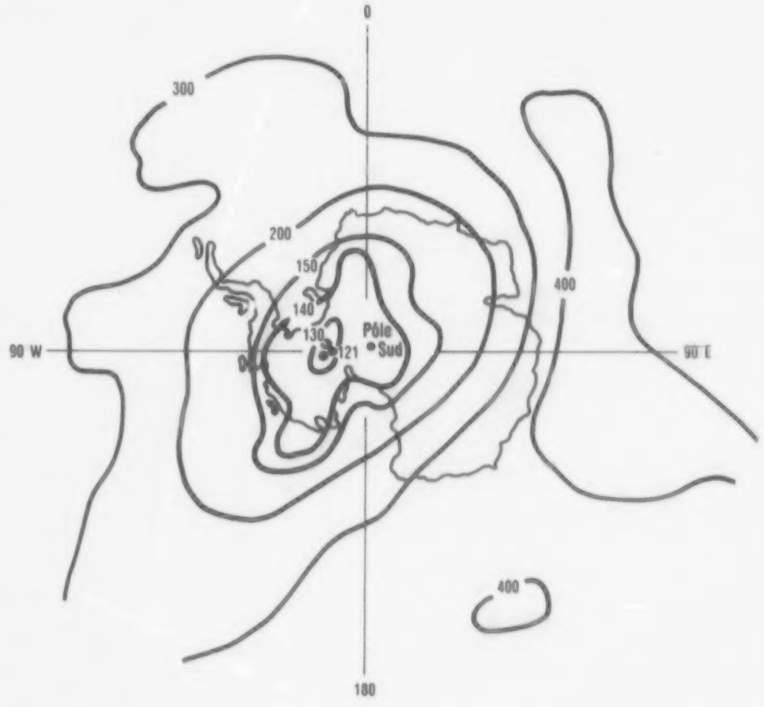
Le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique est un phénomène saisonnier qui se manifeste en septembre, au début du printemps de l'hémisphère Sud, et qui dure environ deux mois. Au début des années 1960, les valeurs printanières de l'ozone au-dessus de l'Antarctique étaient de 320 UD en moyenne; toutefois, en 1984, cette valeur avait baissé à 200 UD (figure 23.4). À son pire niveau, la colonne atmosphérique d'ozone au-dessus de la partie centrale du continent a connu une baisse allant jusqu'à 50 % pendant plusieurs mois, avec des valeurs minimales de 130 UD seulement. La majeure partie de l'ozone entre 12 et 24 km au-dessus de la surface de la Terre avait disparu. Comme l'air appauvri en ozone se dirige vers le nord au début de l'été, l'appauvrissement s'étendait aux latitudes moyennes et à certaines régions d'Amérique du Sud, d'Afrique du Sud et d'Australasie (Australie, Nouvelle-Zélande et Nouvelle-Guinée).

En 1987, 15 % de l'hémisphère Sud (soit une superficie égale à deux fois celle du Canada) était touché (Atkinson et collab., 1989; Solomon, 1990) et l'on a enregistré un niveau d'ozone minimal record de 121 UD. L'appauvrissement a été moins important en 1988. Cependant, en septembre–octobre 1989, la perte a été presque aussi prononcée qu'en 1987. On a fait état de valeurs minimales de 121 UD, le « trou » couvrant alors près de 26 millions de kilomètres carrés (figure 23.5).

Avec la découverte des phénomènes d'appauvrissement au-dessus de l'Antarctique, les recherches se sont

FIGURE 23.5

Abondance de l'ozone total au-dessus de la région du pôle Sud, le 10 octobre 1989



Remarque : Les concentrations d'ozone sont mesurées en unités Dobson (UD).
Source : Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.

intensifiées, les scientifiques tentant de déterminer s'il s'agissait d'un phénomène naturel ou s'il était relié d'une façon quelconque à l'émission de CFC dans l'atmosphère. Des études ultérieures ont révélé un phénomène peut-être similaire, bien qu'à plus petite échelle, dans l'Arctique. Par ailleurs, une légère perte d'ozone semble avoir eu lieu au-dessus de la majeure partie de l'hémisphère Nord, phénomène qu'il est difficile d'attribuer à un processus naturel connu (Evans, 1987; Hofman et collab., 1989; Plumb, 1990; Proffitt et collab., 1990; Schoeberl et Hartmann, 1990).

L'APPAUVRISSEMENT DE L'OZONE : CAUSES, MODES ET TENDANCES

Le mode d'appauvrissement de l'ozone autour du globe est caractérisé par deux phénomènes distincts : la perte très prononcée d'ozone — jusqu'à 60 % — au-dessus de l'Antarctique lors du retour de la lumière solaire dans la région au printemps (et des pertes similaires mais beaucoup moins marquées dans l'Arctique); et une faible baisse générale — moins de 0,3 % par année — des concentrations globales d'ozone au cours de la dernière décennie.

Il est maintenant indéniable que l'origine de ces deux phénomènes est un processus chimique résultant de l'émission dans l'atmosphère de composés à vie longue à base de brome et de chlore. Cependant, les phénomènes atmosphériques naturels jouent également un rôle clé dans la chaîne complexe d'événements menant à la destruction de l'ozone stratosphérique. Par ailleurs, les processus chimiques et atmosphériques intervenant dans l'appauvrissement de l'ozone au-dessus des pôles diffèrent notablement de ceux agissant sur les concentrations d'ozone dans le reste du monde.

Les mécanismes chimiques de l'appauvrissement de l'ozone

Les travaux de recherche récents ont principalement porté sur l'amélioration de la compréhension des réactions chimiques intervenant dans l'appauvrissement de l'ozone et sur la caractérisation des sources des substances et des mouvements de l'atmosphère qui permettent à ces réactions d'avoir lieu (McElroy et Salawitch, 1989). En particulier, on s'est penché sur le rôle des catalyseurs dans ces réactions. Les catalyseurs sont des substances qui accélèrent ou stimulent les réactions chimiques sans subir de modification lors de ces réactions. Cette propriété leur permet d'être recyclés et de participer à une réaction à maintes reprises, de sorte qu'une quantité infime de catalyseur peut faciliter la transformation d'une grande quantité de réactifs (figure 23.6).

Dans une atmosphère normale non polluée, la fragmentation de l'ozone est catalysée principalement par les oxydes d'azote et l'hydrogène; toutefois, les polluants d'origine anthropique constituent à présent une source beaucoup plus efficace de catalyseurs qui détrui-

sent l'ozone. Les plus importants de ces catalyseurs d'origine anthropique sont les éléments brome et chlore, lesquels existent dans la haute atmosphère sous maintes formes actives physiques et chimiques appelées ions et radicaux libres. Plusieurs autres produits chimiques peuvent aussi participer à la destruction de l'ozone. Au total, environ 40 substances différentes, participant à des centaines de réactions chimiques, exercent une influence sur l'abondance de l'ozone. La plupart de ces réactions sont directement ou indirectement tributaires de la disponibilité des atomes d'oxygène réactifs.

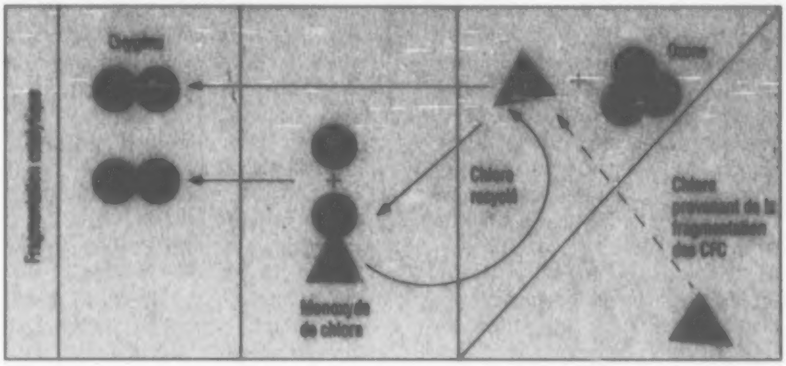
Le chlore constitue le principal centre d'attention en raison de sa grande abondance. En revanche, molécule pour molécule, le brome est un destructeur d'ozone plus puissant, car il est moins susceptible que le chlore de former des composés stables; par conséquent, il reste en majeure partie sous une forme chimiquement active. Chaque atome d'halogène pouvant causer la dissociation d'environ 100 000 molécules d'ozone, même des quantités négligeables de ces substances dans la stratosphère peuvent, à l'évidence, causer des torts considérables, surtout si l'on considère l'extrême rareté de l'ozone dans l'atmosphère, même à sa teneur normale.

Nombre de composés organiques contenant du chlore et du brome sont libérés dans l'atmosphère par des processus tant naturels qu'artificiels. La plupart contiennent des atomes d'hydrogène et la liaison relativement fragile entre le carbone et l'hydrogène se comporte comme une liaison faible dans la molécule. Cette liaison étant facilement brisée par la lumière solaire et par certains agents chimiques présents dans la basse atmosphère, ces composés ne survivent pas assez longtemps pour pouvoir atteindre la stratosphère.

En revanche, les substances destructrices d'ozone les plus puissantes — les CFC, les halons et le tétrachlorure de carbone (aussi appelé tétrachlorométhane) — ne contiennent pas d'hydrogène; leur stabilité est donc suffisante pour leur permettre de séjourner intacts dans l'atmosphère durant de nombreuses années. Leur long temps de séjour dans l'atmosphère (variant de 20 à 120 ans) leur permet de pénétrer profondément dans la stratosphère, où le rayonnement ultraviolet intense provoque leur fragmentation, déclenchant la libération de brome et de chlore sous forme ionique. Même s'il contient de l'hydrogène, le méthylchloroforme constitue une exception : il est produit et émis en quantités si élevées qu'il présente une menace pour l'ozone, malgré son temps de séjour relativement bref dans l'atmosphère.

FIGURE 23.8

Destruction de l'ozone par des catalyseurs



Des études ont permis d'établir que les émissions anthropiques de chlore et de brome sont la cause principale de la perte d'ozone stratosphérique (Ozone Trends Panel, 1988; McElroy et Salawitch, 1989; Organisation météorologique mondiale/Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989; Solomon, 1990). En outre, les concentrations atmosphériques de ces gaz ont approximativement doublé depuis le milieu des années 1970. Ainsi, on estime que les niveaux de fond du chlore, comme ceux qui existaient dans l'atmosphère non polluée il y a un siècle, auraient été de l'ordre de 0,6 ppbv. Les concentrations actuelles sont de 3,5 ppbv, soit presque six fois plus élevées, et elles augmentent d'environ 1 ppbv par décennie.

L'appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Antarctique

La découverte de l'appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Antarctique est à l'origine d'une vive controverse quant à la nature et à la cause de ce phénomène. Le principal mécanisme était-il chimique ou dynamique (c.-à-d. associé aux mouvements à grande échelle de l'air antarctique)? S'agissait-il d'un phénomène naturel ou du résultat d'une quelconque influence humaine sur l'atmosphère?

Une explication purement chimique de l'événement s'est heurtée tout d'abord à une certaine résistance. Cette réaction était compréhensible, car on ne disposait pas, à ce moment-là, de mesures directes de l'abondance des CFC et du chlore au-dessus de l'Antarctique. En outre, d'après les connaissances de l'époque en chimie atmosphérique, la majeure partie du chlore devait être immobilisée sous forme de chlorure d'hydrogène et de nitrate de chlore inactifs, incapables de participer aux réactions destructrices de l'ozone.

Certains chercheurs ont tenté d'expliquer le phénomène par le cycle des taches solaires; selon cette hypothèse, les variations de l'activité solaire pourraient donner lieu à des concentrations

d'oxydes d'azote plus élevées que la moyenne, ces composés étant reconnus comme de puissants destructeurs d'ozone. On a également suggéré que le tourbillon circumpolaire, un mouvement circulaire de l'air qui se crée dans la stratosphère autour des pôles, était en cause. Ce tourbillon se forme en hiver et, une fois bien développé, il isole partiellement la zone qu'il englobe du reste de l'atmosphère. Selon cette hypothèse, l'ozone à l'intérieur du tourbillon pourrait être dilué par l'air pauvre en ozone venant des couches inférieures, ce qui créerait un « trou » apparent localisé mais sans qu'il y ait de perte nette à l'échelle de l'hémisphère ou du globe.

Au fur et à mesure de la progression des recherches, il est devenu évident que, en dépit de l'importance du tourbillon dans l'appauvrissement de l'ozone, des processus chimiques insoupçonnés avaient également lieu. Il semblait exister une corrélation entre les phénomènes d'appauvrissement prononcés et rapides et la présence des nuages stratosphériques polaires qui se forment dans le tourbillon durant les hivers polaires sans soleil, lorsque les températures de la basse stratosphère sont inférieures à –80 °C. Les importants phénomènes d'appauvrissement de 1987 et de 1989, par exemple, sont associés à des températures comprises entre –85 °C et –90 °C dans le tourbillon. En 1988, toutefois, année où l'appauvrissement n'était pas aussi prononcé, le tourbillon était moins bien développé et les températures se situaient entre –78 °C et –80 °C.

Selon les conditions météorologiques régnant dans la stratosphère, au moins trois types différents de nuages stratosphériques polaires peuvent se former (McElroy et Salawitch, 1989; Anderson et collab., 1990); les réactions qui se produisent et la vitesse à laquelle elles ont lieu diffèrent dans chacun d'eux. Bien que les mécanismes chimiques en jeu soient très complexes et, pour l'instant, mal compris, on peut esquisser les processus généraux d'une manière assez simple.

Les nuages stratosphériques polaires sont partiellement composés d'acide nitrique, dont la formation immobilise une grande partie de l'azote potentiellement disponible dans la basse stratosphère. Quand la lumière solaire revient lors du printemps polaire, les nitrates de brome et de chlore présents dans les nuages stratosphériques polaires réagissent avec le chlorure d'hydrogène et se dissocient rapidement à la surface des cristaux de glace des nuages, libérant du brome et du chlore actifs. L'air à l'intérieur de ces nuages est tellement dénitrifié qu'une très petite fraction seulement du chlore et du brome peut revenir à la forme inoffensive du nitrate. Ces substances peuvent donc participer à plusieurs réactions de destruction de l'ozone, générant du monoxyde de brome et du monoxyde de chlore (Schoeberl et Hartmann, 1990). De cette manière, les nuages stratosphériques polaires et les conditions régnant dans la stratosphère antarctique deviennent propices « à des augmentations spectaculaires de l'abondance des formes du chlore atmosphérique destructrices d'ozone au détriment de ses formes relativement bénignes » (Solomon, 1990).

Par suite de ces processus, la concentration stratosphérique de monoxyde de chlore au-dessus de l'Antarctique peut atteindre 1 ppbv ou plus, soit 100 fois la concentration théorique pour la stratosphère dans des conditions normales. De fait, une concentration élevée de monoxyde de chlore est un indicateur sûr d'un appauvrissement chimique important de l'ozone. La figure 23.7 montre comment les proportions de ces gaz dans le tourbillon circumpolaire ont changé au fur et à mesure de l'appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Antarctique en 1987.

Le rapport entre les processus chimiques et météorologiques devenant plus clair, les scientifiques ont prédit que les années où l'appauvrissement de l'ozone est marqué alterneraient avec celles où il est moins important. En effet, les configurations des vents stratosphériques, qui déterminent la force et la persistance du tourbillon et, donc, les réactions de destruction de l'ozone qui y ont lieu, varient selon un cycle naturel d'approximativement deux ans. Après la perte prononcée d'ozone en 1989 (niveau minimum de 121 UD), le minimum de 125 UD enregistré en 1990 était donc totalement inattendu, notamment parce que les processus météorologiques étaient, conformément aux prévisions, propices à la formation d'un trou d'ozone de taille réduite (Kerr, 1990).

Il ne fait à présent plus aucun doute que la perte d'ozone stratosphérique est régie par un ensemble encore plus complexe de phénomènes météorologiques (Schoeberl et Hartmann, 1990). Bien que le trou d'ozone soit influencé par les processus naturels et en soit même dépendant du fait qu'il s'agit de facteurs prédisposants, il est avant tout le résultat des dommages chimiques infligés par les humains à la stratosphère. Pour citer la conclusion des chercheurs dans une étude de l'état des connaissances en la matière, l'appauvrissement de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique « n'aurait pas eu lieu si les CFC n'avaient pas été synthétisés et libérés dans l'atmosphère » (Anderson et collab, 1990).

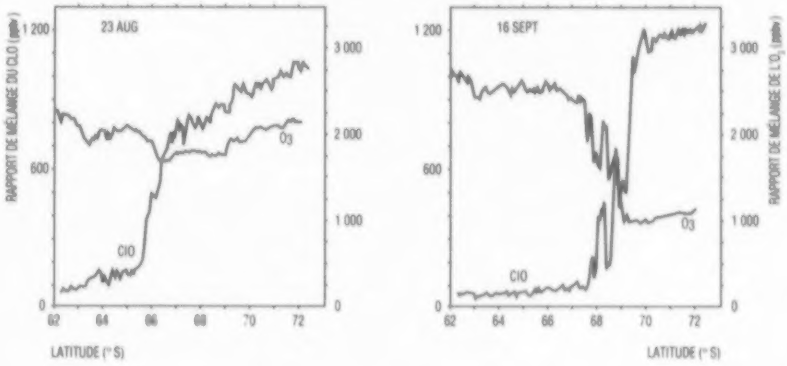
Un trou d'ozone au-dessus de l'Arctique?

La découverte de l'appauvrissement saisonnier de l'ozone au-dessus de l'Antarctique a inévitablement conduit à la recherche d'un phénomène similaire dans l'hémisphère Nord. Les résultats ont été obtenus rapidement. En 1986, les chercheurs d'Environnement Canada, utilisant des ballons équipés d'instruments et lancés à partir d'Alert, dans les Territoires du Nord-Ouest, et d'autres endroits dans le Nord, ont trouvé des indices d'un appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Arctique (Evans et collab., 1987; Hofman et collab., 1989; Evans, 1990). L'existence de tels processus anormaux dans la stratosphère arctique a été confirmée par des données satellitaires et par des mesures directes effectuées à partir d'aéronefs (p. ex., Brune et collab., 1988; Turco et collab., 1990).

FIGURE 23.7

Comparaison des concentrations de monoxyde de chlore (ClO) et d'ozone (O_3) au-dessus de l'Antarctique durant le phénomène d'appauvrissement de la couche d'ozone de 1987

Le schéma montre une coupe transversale du tourbillon circumpolaire centré au-dessus de l'Antarctique. La zone sombre à l'intérieur du tourbillon représente une région à teneur accrue en monoxyde de chlore. Les chercheurs ont eu recours à des aéronefs (dont le trajet de vol est indiqué par la ligne blanche) pour mesurer les concentrations d'ozone et de monoxyde de chlore à intervalles réguliers durant les mois d'août et de septembre 1987. Une baisse significative de l'abondance de l'ozone est manifeste après trois semaines d'exposition à des concentrations élevées de monoxyde de chlore.



pptv = partie par billion en volume.

ppbv = partie par milliard en volume.

Source : Anderson et collab., 1990.

L'appauvrissement observé au-dessus de l'Arctique est un phénomène printanier, tout comme dans l'Antarctique, mais il est beaucoup moins étendu et beaucoup moins prononcé, les pertes de la colonne atmosphérique d'ozone variant de 4 à 10 %. Étant donné que la stratosphère arctique est touchée par les mêmes polluants, qu'elle présente les mêmes conditions générales que l'hémisphère Sud et qu'elle est « chimiquement propice à l'appauvrissement de l'ozone » (Proffitt et collab., 1990), pourquoi l'appauvrissement y serait-il moins spectaculaire? La raison est avant tout d'ordre météorologique. La stratosphère arctique est plus chaude et le tourbillon circumpolaire est plus faible et moins persistant (il disparaît d'ordinaire avant le retour de la lumière solaire au printemps). En conséquence, les conditions particulières propices à des pertes marquées n'apparaissent pas aussi facilement ou aussi régulièrement d'une année à l'autre que dans l'Antarctique.

Cependant, on ignore encore si une perte nette d'ozone s'est produite dans la région. Selon une étude récente, une perte locale majeure de l'ordre de 50 % s'est produite entre 17 et 20 km au-dessus de la surface de la Terre au cours de l'hiver 1989. Parallèlement à cet événement, on a enregistré des concentrations très élevées de monoxyde de chlore, l'indicateur principal d'une perte importante d'ozone stratosphérique (Proffitt et collab., 1990). De l'avis de Proffitt et collab. (1990), cet appauvrissement massif n'est pas apparu sous la forme d'un « trou » parce que l'ozone était continuellement renouvelé par l'air riche en ozone venant de l'extérieur, ce qui masquait la perte réelle. Même si ces résultats se basent sur des hypothèses touchant des phénomènes atmosphériques de l'Arctique qu'il est encore impossible de valider (Plumb, 1990; Proffitt et collab., 1990), les conclusions n'en demeurent pas moins intéressantes (p. ex., Schoeberl et Hartmann, 1990).

On dispose par ailleurs de nouvelles preuves à l'appui d'une tendance à long terme de la baisse de l'ozone en hiver aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. De plus, le Groupe d'experts du Protocole de Montréal a conclu récemment que l'appauvrissement de la couche d'ozone des latitudes moyennes doublera vraisemblablement au cours de la prochaine décennie; il a également affirmé que la diminution d'ozone observée habituellement au printemps semble se prolonger pendant les mois d'été (Service de l'environnement atmosphérique, communication personnelle). Le Canada, bien sûr, a également un intérêt majeur dans l'environnement arctique et intensifie ses efforts de recherche. Il participe actuellement avec d'autres pays circumpolaires à un programme conjoint de surveillance et de recherches stratosphériques, et le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990) prévoit l'établissement d'un observatoire arctique à cette fin.

Les tendances à l'échelle mondiale

Les pertes d'ozone stratosphérique élevées et très évidentes dans l'Antarctique occultent le fait qu'il est techniquement difficile, avec les instruments dont on dispose actuellement, de détecter des variations relativement faibles des quantités totales d'ozone ou des tendances aux latitudes moyennes pendant de longues périodes.

Les niveaux de fond de l'ozone varient considérablement, tant dans l'espace que dans le temps. Outre la variation naturelle en fonction de la latitude et de la saison, on doit également tenir compte du cycle des taches solaires de 11 ans, de la configuration des vents stratosphériques qui change approximativement tous les deux ans et de l'oscillation méridionale El Niño[1] qui se produit environ tous les trois à cinq ans. Des phénomènes épisodiques comme l'éruption du volcan mexicain El Chichon peuvent également exercer une influence sur l'abondance et la répartition de l'ozone par le biais de l'injection de produits chimiques destructeurs d'ozone dans la stratosphère. D'autres changements atmosphériques, d'origine naturelle ou anthropique, exercent un effet sur l'abondance de l'ozone. Le réchauffement par les gaz à effet de serre en est un exemple évident, mais on peut également s'attendre à ce que l'augmentation des concentrations d'oxyde nitreux (0,3 % par an) et de méthane (1 % par an) influent directement sur les concentrations d'ozone (Organisation météorologique mondiale, 1985).

Dans les années 1930 et 1940, les scientifiques ont entrepris des séries de mesures systématiques de la quantité totale d'ozone et, à certains endroits, de sa répartition verticale. À cette époque, ils s'intéressaient surtout à l'influence de la couche d'ozone sur la circulation générale dans l'atmosphère. Un programme mondial de mesures a été mis en œuvre durant l'Année géophysique internationale en 1957, l'Organisation météorologique mondiale ayant été chargée de la normalisation et de la coordination des données.

Le Canada a participé dès le début à ces activités et les scientifiques canadiens ont apporté une importante contribution à la mise au point des instruments et des méthodes employés dans la recherche sur l'ozone. Le spectrophotomètre d'ozone atmosphérique le plus perfectionné à l'heure actuelle, le Brewer automatisé, est un instrument canadien. Depuis 1960, le Canada exploite le Centre mondial des données sur l'ozone au nom de l'Organisation météorologique mondiale. Le Centre recueille toutes les données fournies par le Système mondial d'observation de la couche d'ozone et les publie dans un bulletin bimensuel ayant pour titre *Données mondiales sur l'ozone*.

Les mesures effectuées par les scientifiques du monde entier nous ont permis de mieux comprendre les caractéristiques de la couche d'ozone normale et la mesure dans laquelle elle a été appauvrie par des produits chimiques d'origine anthropique. Néanmoins, le réseau de surveillance global souffre encore de lacunes considérables sur les plans technique et opérationnel. Il donne une couverture à peine adéquate du globe et favorise l'hémisphère Nord. De plus, il est équipé, pour l'essentiel, d'instruments Dobson qui sont basés au sol et dont la sensibilité est insuffisante pour mesurer des tendances infimes à long terme. Leur emploi requiert une grande expertise si l'on veut que toutes les stations du réseau produisent des données valables; malheureusement, cette norme n'est pas toujours atteinte dans la pratique. En outre, ces instruments visent vers le haut et mesurent la quantité totale d'ozone au-dessus de la station, ce qui inclut l'ozone troposphérique et l'ozone stratosphérique. Il s'agit là d'une lacune grave, car il existe des raisons de croire qu'une augmentation de l'ozone troposphérique peut avoir masqué la diminution de l'ozone stratosphérique au cours des dernières années. Bien qu'une technique puisse être utilisée en même temps que l'instrument Dobson pour distinguer les variations troposphériques et stratosphériques et déterminer les variations de l'ozone en fonction de la hauteur, ses applications sont limitées.

Le spectrophotomètre Brewer est un instrument prometteur grâce auquel on pourrait remédier à certains de ces problèmes; 60 de ces instruments sont maintenant installés à 46 endroits dans 20 pays, mais ils ne sont pas encore totalement déployés à travers le réseau. La plupart des premiers relevés du Système mondial d'observation de la couche d'ozone ayant été effectués avec des instruments Dobson, il serait souhaitable de disposer de comparaisons complètes et à long terme avec les données des spectrophotomètres Brewer avant de remplacer les instruments Dobson pour l'évaluation des tendances.

Les instruments placés à bord de satellites, qui visent vers le bas sur la stratosphère plutôt que vers le haut à travers la colonne atmosphérique d'ozone, auraient dû fournir une bonne occasion de vérifier la validité des résultats obtenus par le réseau de surface. Malheureusement, le plus important de ces instruments a subi un changement de sensibilité, ce qui a introduit une déformation dans les données. Cela n'est pas trop gênant pour évaluer les importantes pertes d'ozone au-dessus de l'Antarctique, mais constitue une limitation sérieuse pour la détection de variations dont la moyenne est inférieure à 1 % par année. L'instrument Brewer doit être déployé lors d'une mission future de la navette spatiale américaine et devrait permettre de mesurer de façon précise l'ozone stratosphérique et de vérifier la performance des autres instruments. Les instruments placés à bord de ballons, d'aéronefs et de fusées permettent également d'effectuer des mesures directes de l'ozone mais, pour des raisons d'ordre financier et logistique, il n'est pas réaliste de les utiliser dans des programmes réguliers de surveillance.

Selon les estimations les plus récentes sur l'appauvrissement de l'ozone, basées sur des données satellitaires analysées par la NASA, les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord connaissent des pertes de 4 à 5 % par décennie. La vitesse des pertes atteint son maximum durant les mois d'hiver et se maintient à un niveau élevé jusqu'en avril et mai. À l'échelle du globe,

[1] L'oscillation méridionale El Niño est un phénomène climatique occasionné par un courant chaud, appelé aussi El Niño, qui se forme au large de la côte sud-américaine. Il serait attribuable à des changements mineurs de la circulation atmosphérique et il est relié à des inversions des configurations météorologiques et à des phénomènes extrêmes comme les ouragans.

on estime que le taux d'appauvrissement est de 2 à 3 % par décennie. Ces vitesses représentent à peu près le double de celles des meilleures estimations antérieures, qui se basaient sur des données incomplètes.

Les preuves fournies par le réseau global d'un appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'hémisphère Nord se reflètent dans les données provenant des stations canadiennes (tableau 23.1). Une comparaison des résultats obtenus pour deux décennies, 1965–1975 et 1976–1986, indique une baisse de 0,8 à 2,5 % de l'ozone total par décennie, avec des pertes substantielles se produisant en hiver aux latitudes élevées et moyennes. On a enregistré une baisse de l'ozone total au-dessus de Toronto d'environ 4 % entre 1975 et 1987 (Evans et collab., 1987) et de 6 à 8 % au cours des 25 dernières années.

TABLEAU 23.1

Tendances de l'ozone total au Canada, 1965–1986

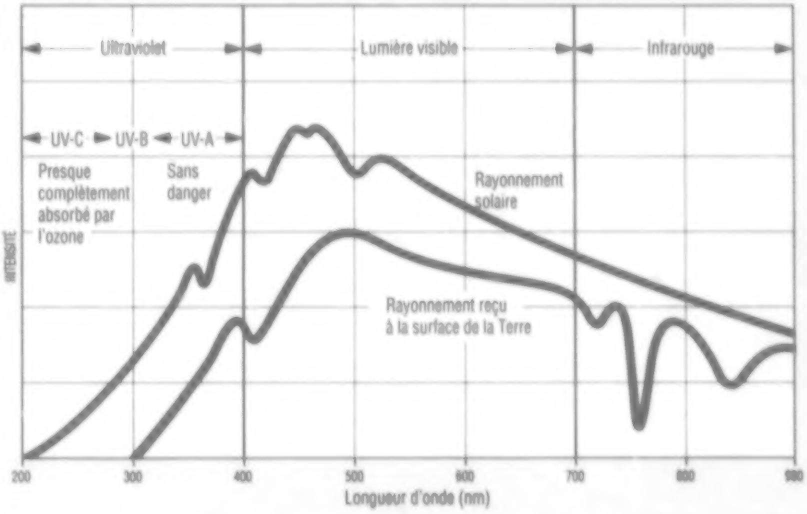
Lieu	Latitude (°N)	% de changement entre 1965–1975 et 1976–1986		
		Été	Hiver	Total
Resolute (Territoires du Nord-Ouest)	74,7	–0,8	–1,4	–1,6
Churchill (Manitoba)	58,8	–1,4	–4,2	–2,5
Edmonton (Alberta)	53,6	+0,8	–4,7	–1,8
Goose Bay (Terre-Neuve)	53,3	–0,1	–2,4	–0,8
Toronto (Ontario)	43,8	–1,3	–1,3	–1,2

Source : Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.

FIGURE 23.8

Rayonnement solaire reçu à la surface de la Terre, par longueur d'onde

La majeure partie du rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre se trouve dans les portions de l'infrarouge, de la lumière visible et de l'ultraviolet du spectre électromagnétique. Pratiquement aucun des rayons UV-C hautement destructeurs ne parvient à la surface de la Terre; toutefois, nous recevons une fraction du rayonnement UV-B, moins dangereux mais encore puissant. Un nanomètre (nm) est égal à un millionième de millimètre.



Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1987.

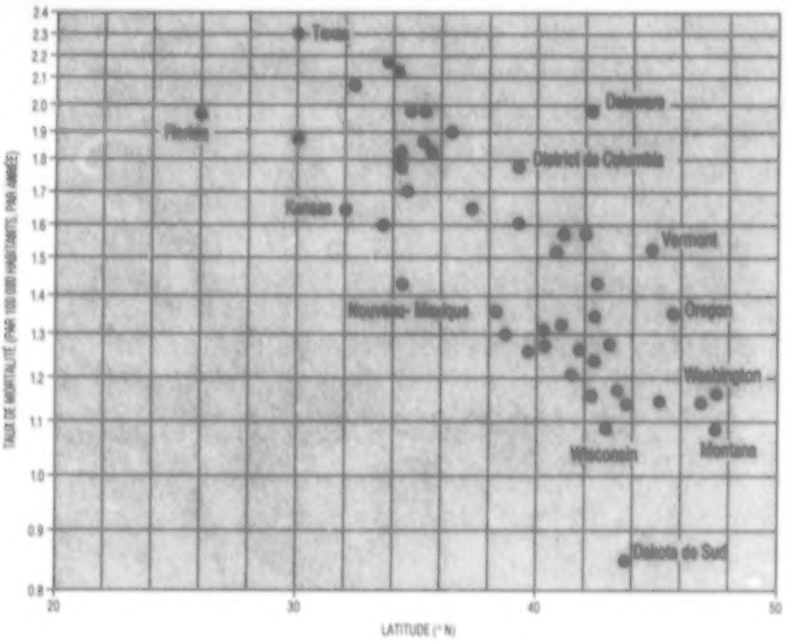
LES EFFETS BIOLOGIQUES

Si l'on redoute tant l'appauvrissement de la couche d'ozone, c'est avant tout par crainte des effets biologiques néfastes des rayons ultraviolets. Cependant, les diverses régions du spectre ultraviolet ne présentent pas toutes la même nocivité (figure 23.8). La majeure partie du rayonnement ultraviolet de plus grande longueur d'onde (320–400 nm), les rayons UV-A, atteint la surface de la Terre mais, à cause de son énergie relativement faible, il est peu dangereux pour les organismes vivants dans sa gamme normale d'intensités. En revanche, le rayonnement à ondes courtes à haute énergie (200–280 nm), les rayons UV-C, est potentiellement très destructeur, mais il est presque complètement absorbé par l'atmosphère et n'atteint pas la surface de la Terre en quantités appréciables. C'est la portion intermédiaire du spectre, celle des rayons UV-B (280–320 nm), qui est la plus préoccupante, car une grande partie des rayons pénètrent dans l'atmosphère jusqu'au sol et leur énergie est suffisante pour causer une grande diversité de dommages aux organismes vivants (Urbach, 1969) s'ils y sont exposés de manière excessive. La quantité de rayons UV-B transmise vers le bas en un lieu donné est déterminée principalement par l'abondance de l'ozone atmosphérique au-dessus de ce lieu : toutes choses étant égales par ailleurs, elle varie de manière inversement proportionnelle à la quantité d'ozone présent.

Une fois que les rayons UV-B ont pénétré dans la couche d'ozone, la quantité des rayons atteignant la surface de la Terre dépend principalement de la présence de nuages et des variations quotidiennes de l'angle d'incidence du Soleil. Les nuages absorbent les rayons UV-B et en diminuent le flux. De

FIGURE 23.8

Taux de mortalité dû au mélanome malin aux États-Unis, selon la latitude



Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1987.

même, quand le Soleil est bas, le trajet de ses rayons dans l'atmosphère est plus long, ce qui entraîne une plus grande atténuation des rayons UV-B par la vapeur d'eau, les particules et les autres constituants atmosphériques. À l'équateur, où l'ozone est le moins abondant, environ 30 % des rayons UV-B reçus atteignent la surface de la Terre. Sous les latitudes élevées, où l'ozone est le plus abondant, la quantité varie entre 10 % et 30 %, selon la saison et les conditions locales.

Pour les humains, les rayons UV-B sont bénéfiques, car ils stimulent la synthèse de la vitamine D de la peau. Cependant, ils accélèrent la vieillissement de la peau et produisent, après une exposition excessive, le familier coup de soleil (érythème). Fait encore plus important, l'incidence des cancers de la peau augmente avec l'exposition accrue aux rayons UV-B. À cet égard, les preuves les plus convaincantes proviennent d'études épidémiologiques sur l'incidence des cancers de la peau chez les personnes vivant sous diverses latitudes et exposées ainsi aux variations naturelles nord-sud des rayons UV-B (figure 23.9). Les rapports dose–effet qui en ressortent permettent d'établir des relations mathématiques fiables entre l'exposition aux rayons UV-B et la maladie dans des conditions naturelles (c.-à-d. non perturbées).

Il existe plusieurs types de cancers de la peau. Les épithéliomas basocellulaires et spinocellulaires comptent respectivement pour environ 75 % et 20 % des cas signalés, tandis que le mélanome malin, qui est beaucoup plus grave, représente environ 5 % des cas. Pour une exposition donnée, les personnes à la peau claire et aux cheveux blonds ou roux sont davantage prédisposées que les autres aux mélanomes malins, particulièrement si elles ont subi un coup de soleil prononcé dans leur petite enfance. L'incidence augmente avec l'exposition pour toutes les personnes, peu importe leur pigmentation. Selon l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis et d'autres organismes, une diminution de 1 % de l'ozone stratosphérique se traduirait par une augmentation de 2 % des rayons UV-B et une hausse de 3 à 6 % des cas de cancers de la peau.

Au cours des dernières décennies, nombre de pays ont fait état d'une hausse de l'incidence des cancers de la peau, mais il est toutefois difficile d'en évaluer l'ampleur avec précision. Les estimations du nombre de nouveaux cas au Canada sont très variables. Pour les 15 à 20 dernières années, Santé et Bien-être social Canada avance un chiffre d'environ 25 000 nouveaux cas de toutes les formes de cancers de la peau, le nombre des épithéliomas étant resté relativement constant durant cette même période. Les mélanomes, quoique peu répandus encore au Canada, ont connu une hausse rapide de 5,5 % en moyenne par année entre 1970 et 1984, devancés seulement, pour ce qui est du taux d'accroissement, par le cancer du poumon chez les femmes (Y. DesLauriers, Santé et Bien-être social Canada, communication personnelle). Cela représente approximativement une multiplication par deux du nombre de cas durant cette période (Service d'information sur le cancer, sans date).

Le rayonnement UV-B excessif peut également présenter un danger pour les yeux et endommager la rétine et la cornée. Les cataractes sont le résultat habituel d'une surexposition aux rayons UV-B. Selon l'EPA des États-Unis, un appauvrissement de 1 % de l'ozone pourrait conduire à une augmentation de 0,3 à 0,6 % du nombre de cataractes. Cette relation, tout comme celle établie pour le cancer de la peau, résulte d'extrapolations de la variation de l'incidence de la maladie en fonction de la variation géographique normale de l'exposition au rayonnement ultraviolet. Aucune preuve épidémiologique n'indique que les maladies des yeux ont augmenté par suite de l'appauvrissement de l'ozone, ce qui n'est pas surprenant, compte tenu de l'absence

de toute preuve d'un accroissement du flux de rayons UV-B à la surface de la Terre.

Par ailleurs, les rayons UV-B peuvent provoquer une augmentation des allergies de la peau et inhiber la réaction immunitaire. Toutefois, cet effet est mal compris et il n'est pas encore possible de quantifier ce risque. Il se peut qu'une augmentation de la transmission du rayonnement UV-B à la surface de la Terre puisse accroître l'incidence et la gravité des infections opportunistes et des cancers associés à l'immunosuppression.

L'inquiétude suscitée par l'impact des niveaux accrus de rayons UV-B englobe également les autres animaux et les plantes. S'il y avait une augmentation du rayonnement UV-B, les organismes exposés à la lumière solaire à la surface de la Terre et dans les eaux peu profondes seraient par hypothèse directement menacés. Par ailleurs, les organismes qui ne sont pas menacés par une exposition directe pourraient être vulnérables à des effets indirects si les éléments essentiels de leur écosystème et de leur chaîne alimentaire étaient touchés.

Tous les principaux écosystèmes dépendent en définitive des plantes autotrophes, c'est-à-dire celles qui transforment par photosynthèse le dioxyde de carbone et l'eau en hydrates de carbone. Ces producteurs primaires de la chaîne alimentaire sont les plantes vertes, comme les arbres des forêts, l'herbe des prairies et le phytoplancton microscopique des cours d'eau, des lacs et des mers. Les plantes sont habituellement adaptées à une gamme relativement étroite d'intensités de rayons UV-B et pourraient être menacées si leur exposition augmentait au-delà de cette gamme. Ce n'est pas l'exposition totale aux rayons UV-B qui importe, mais la mesure dans laquelle on franchit les limites de l'exposition normale et de la capacité d'adaptation inhérente de l'organisme.

Même s'il était possible de prédire avec certitude la nature de l'appauvrissement de l'ozone ainsi que l'ampleur et la vitesse de l'augmentation du rayonnement UV-B, il serait extrêmement difficile d'évaluer la probabilité et la gravité du risque auquel sont exposés les écosystèmes du globe, car la sensibilité des plantes aux rayons UV-B varie considérablement. À cet égard, il est utile de souligner que nombre de légumineuses (p. ex., haricots, pois et soya), de courges et de brassicacées (p. ex., choux et laitues) et d'autres cultures vivrières y sont extrêmement sensibles. Une grande partie de la population mondiale dépend des légumineuses comme aliments de première nécessité; en outre, ces plantes jouent un rôle clé dans la fertilité du sol en raison de leur capacité de fixer l'azote atmosphérique.

Le problème le plus difficile est de déterminer comment réagiraient des communautés entières (écosystèmes et biomes) à une augmentation du rayonnement UV-B. Il est possible que seul un petit nombre d'espèces vulnérables disparaisse et que les impacts globaux soient négligeables. Toutefois, si les espèces disparues sont des composantes essentielles de la communauté — éléments de la chaîne alimentaire ou espèces jouant un rôle dans la prévention de la perte d'eau ou de l'érosion des sols — le résultat pourrait être désastreux.

Les chaînes alimentaires marines de l'Antarctique sont peut-être les plus vulnérables, car c'est dans cette région que l'appauvrissement de l'ozone est le plus prononcé. Le phytoplancton vivant dans les eaux de surface et immédiatement sous la glace semble être le plus vulnérable, étant donné que sa principale poussée de croissance survient au printemps, lorsque la glace est plus transparente et que les niveaux antarctiques de rayons UV-B sont au maximum (Voytek, 1990). Les chercheurs sont divisés en ce qui a trait aux évaluations de la gravité possible de l'impact. Compte tenu de l'immense productivité des eaux de l'océan Antarctique (elle peut représenter jusqu'à un cinquième de la productivité biologique totale des mers), la possibilité d'un désastre écologique est bien réelle. Cependant, une catastrophe semble moins vraisemblable qu'un changement plus subtil de l'écosystème, certaines espèces étant remplacées par d'autres plus tolérantes aux rayons UV-B (Roberts, 1989).

La situation des autres écosystèmes est encore moins évidente. On connaît la sensibilité de certaines espèces à une augmentation des rayons UV-B mais on n'a jamais étudié de façon systématiques les effets de petites augmentations de l'exposition sur de longues périodes. Par ailleurs, on sait peu de choses sur la réaction des écosystèmes et des autres communautés d'organismes à de tels changements, compte tenu de leur complexité.

En résumé, il faudra consacrer d'importants efforts de recherche pour être en mesure d'estimer avec plus de certitude les impacts écologiques de l'augmentation du rayonnement UV-B sur les écosystèmes naturels et aménagés. Compte tenu du doublement de la population humaine en moyenne tous les 37 ans et des problèmes concomitants d'érosion des sols, de désertification et de déboisement, de même que des autres contraintes que subissent l'agriculture et les ressources de subsistance, il convient de prendre très au sérieux la perspective d'une diminution même faible de la productivité des écosystèmes naturels, des forêts, des pêches et de l'agriculture.

LE RAYONNEMENT UV-B A-T-IL AUGMENTÉ?

En théorie, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique devrait se traduire par une augmentation proportionnelle de la quantité de rayons UV-B atteignant actuellement la surface de la Terre. Mais existe-t-il des preuves qu'une telle augmentation ait eu lieu?

Dans l'Antarctique, les calculs semblent effectivement indiquer une corrélation entre l'accroissement du flux de rayons UV-B et les phénomènes marqués d'appauvrissement de l'ozone qui y ont été observés. À l'heure actuelle, la quantité de rayons UV-B atteignant la

surface de l'Antarctique peut être plus importante au printemps qu'en été. En effet, l'appauvrissement de l'ozone est le plus marqué au printemps et, en été, les rayons UV-B atteignent normalement leur maximum dans la région (Frederick et Snell, 1988). Si la situation devait s'aggraver et que l'appauvrissement de l'ozone persistait au début de l'été lorsque le rayonnement solaire est à son maximum, on pourrait enregistrer des augmentations considérables des rayons UV-B. Soulignons cependant qu'il s'agit d'augmentations supérieures à la norme applicable à l'Antarctique, lesquelles ne sont pas nécessairement importantes en termes absolus. La quantité de rayons UV-B atteignant la surface de l'Antarctique resterait encore inférieure à celle que reçoivent normalement les tropiques.

La plupart des flux de rayons ultraviolets enregistrés ont été calculés à partir des valeurs connues de l'appauvrissement de l'ozone et non pas d'après des mesures directes, ce qui est différent. Les valeurs reposent sur des hypothèses sur la transmission et l'absorption des rayons UV-B dans la basse atmosphère et il semble de plus en plus évident que certaines de ces hypothèses étaient trop simplistes. Les quelques mesures qui ont été faites confirment que les rayons UV-B ont augmenté dans l'Antarctique; toutefois, on n'a pas encore mis en œuvre un programme de surveillance complet et systématique comme celui recommandé par l'Organisation météorologique mondiale.

Les mesures effectuées dans d'autres parties du monde — basses latitudes de l'hémisphère Sud et latitudes moyennes de l'hémisphère Nord — n'ont fourni aucune preuve d'une tendance générale à la hausse dans la quantité de rayonnement ultraviolet atteignant la surface de la Terre au cours des dernières années. Neuf stations de surveillance américaines ont fait état d'une diminution ou d'une stabilisation des rayons UV-B entre 1974 et 1985, avec une variabilité considérable d'une station à l'autre et aucune tendance évidente (Grant, 1988; Scotto et collab., 1988*a*, 1988*b*). De même, la diminution de 4 % de la colonne d'ozone au-dessus de Toronto, enregistrée entre 1975 et 1987, n'a pas été pas assortie d'un changement proportionné des rayons UV-B (Evans et collab., 1987).

Pourquoi, alors, ne décelons-nous pas de correspondance nette entre les tendances de l'ozone et la quantité de rayons UV-B atteignant la surface de la Terre? Cette situation pourrait s'expliquer par les limitations du réseau de surveillance lui-même, lesquelles découlent en partie des difficultés financières et techniques que posent les mesures nécessaires. De plus, nombre de stations sont situées dans des zones urbaines où les effets possibles de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique pourraient être contrebalancés par une augmentation des concentrations de polluants dans la basse atmosphère; les stations rurales font régulièrement état de niveaux de rayonnement UV-B supérieurs d'environ 6 % à ceux enregistrés dans les zones urbaines. La situation serait sans doute plus claire si l'on disposait d'un réseau de surveillance plus adéquat.

Une autre raison expliquant l'absence d'une tendance nette est le faible niveau des changements détectés dans l'ozone global, soit moins de 5 % sur environ une décennie et demie. En outre, il existe de bonnes raisons de croire que d'autres changements survenant dans l'atmosphère peuvent avoir, dans une certaine mesure, contré les effets de la perte d'ozone stratosphérique (Scotto et collab., 1988*a*, 1988*b*). Par d'exemple, les concentrations d'ozone et d'autres polluants absorbant le rayonnement ultraviolet tels les aérosols et les particules, de même que le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote, ont augmenté dans la troposphère. La vapeur d'eau présente dans l'atmosphère et la réflectivité de la surface de la Terre influent également sur les niveaux de rayonnement UV-B et l'on soupçonne que ces facteurs ont changé en réaction à d'autres modifications du climat (Organisation météorologique mondiale/Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989).

Dans une étude récente, on a tenté d'exclure l'influence de la basse atmosphère en procédant à des mesures du rayonnement ultraviolet à haute altitude dans les Alpes, au-dessus du niveau où abondent la plupart des particules et des autres polluants. D'après les résultats, le flux de rayons UV-B se serait accru annuellement d'environ 0,7 à 1,1 % entre 1981 et 1989 (Blumthaler et Ambach, 1990). En supposant que l'ozone stratosphérique se soit appauvri de moins de 0,3 % par année, l'estimation classique de 2 % d'augmentation du rayonnement UV-B pour chaque diminution de 1 % de l'ozone stratosphérique peut être raisonnablement valable, à condition que les rayons UV-B ne soient pas alors atténués par d'autres facteurs lorsqu'ils traversent la troposphère.

Rien ne prouve donc de manière irréfutable que les pertes d'ozone stratosphérique total qui se sont produites jusqu'à présent aient donné lieu à une augmentation du rayonnement UV-B à la surface de la Terre, comme il était prévu dans les premières évaluations. Cependant, dans le cas de changements prononcés des concentrations d'ozone, notamment au-dessus de l'Antarctique, la relation inverse entre l'abondance de l'ozone et la transmission des rayons UV-B est probablement acceptable.

Comme aucune augmentation significative de l'exposition humaine aux rayons UV-B n'a été mise en évidence, aucun argument plausible ne permet d'affirmer que l'appauvrissement de l'ozone a déjà eu des effets sur la santé humaine. Ainsi, on a fait état d'une relation causale entre l'appauvrissement de l'ozone et l'incidence accrue des cas de cancer de la peau, mais on n'a pas expliqué comment les cancers pouvaient augmenter sans que l'on ait enregistré de changement général dans le flux de rayons UV-B atteignant la surface de la Terre. On ne semble pas non plus chercher à expliquer comment l'augmentation prononcée du nombre de ces cancers pourrait être causée par la

baisse infime d'ozone mesurée sous les latitudes moyennes, surtout s'il est vrai qu'une diminution d'ozone de 1 % peut se traduire par une augmentation de 3 à 6 % des cas de cancer.

Les causes de la hausse apparente de l'incidence des cancers de la peau ne peuvent donc pas, actuellement, être imputées à l'appauvrissement de l'ozone. Peut-être doit-on chercher une explication plus plausible dans le gain de popularité spectaculaire des vacances dans le Sud et du bronzage au cours des décennies ayant suivi la Deuxième Guerre mondiale. Toutefois, vu la sensibilisation croissante aux dangers de la surexposition au rayonnement solaire, le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990) prévoit l'élargissement du champ d'application du Programme canadien de surveillance de la couche d'ozone afin que des avertissements relatifs aux rayons UV-B puissent être émis dans les principales villes canadiennes, de sorte que le public puisse se protéger contre une exposition excessive au soleil.

Il n'est pas certain non plus que les rayons UV-B aient eu des impacts biologiques généralisés sur d'autres espèces. Cependant, à la lumière des plus récentes preuves d'une augmentation probable des niveaux de rayonnement UV-B à haute altitude, là où l'absorption et la diffraction par les polluants troposphériques sont négligeables, il se peut que les communautés alpines soient les premières à subir des impacts écologiques.

La possibilité que l'augmentation prévue des rayons UV-B à plus basse altitude ait été contrebalancée par des changements dans la troposphère fournit peu de raisons de se réjouir, car l'effet pourrait être seulement temporaire et le répit, illusoire. Ces changements troposphériques sont probablement eux-mêmes des indicateurs d'une perturbation de l'atmosphère par les polluants; en outre, le fait de savoir que les effets de la pollution stratosphérique sont temporairement enrayés par l'agression des zones plus basses de l'atmosphère n'a rien de rassurant. En l'absence d'une réduction globale des émissions de substances destructrices d'ozone, la transmission du rayonnement UV-B à la surface de la Terre augmentera vraisemblablement un jour ou l'autre, ce qui risque d'avoir de lourdes conséquences pour la santé humaine et pour le bien-être des écosystèmes naturels.

L'OZONE ET LE CLIMAT

L'ozone joue un rôle clé dans la structure thermique de l'atmosphère. Dans la stratosphère, il produit de la chaleur en absorbant le rayonnement ultraviolet du Soleil et contribue ainsi à l'entraînement des courants des vents de la haute atmosphère. Dans la troposphère, il absorbe le rayonnement infrarouge de la surface de la Terre et le libère à nouveau dans l'atmosphère, contribuant aux phénomènes de réchauffement par effet de serre et influant sur le mouvement des vents et des systèmes météorologiques dans la basse atmosphère.

L'ozonosphère étant, dans un sens, l'une des chaudières du moteur atmosphérique, tout appauvrissement marqué de l'ozone donnerait lieu à un refroidissement de la stratosphère. En réaction, la troposphère deviendrait légèrement plus chaude, le rayonnement ultraviolet atteignant une plus basse altitude où il serait absorbé. Quoiqu'il soit difficile de prédire les répercussions d'un tel phénomène, on assisterait presque certainement à une modification du bilan énergétique radiatif du globe. Un tel changement bouleverserait les configurations actuelles de la circulation atmosphérique et modifierait ainsi les conditions météorologiques et le climat. On ignore quel niveau d'appauvrissement de l'ozone pourrait déclencher de tels changements; néanmoins, toute modification climatique prononcée aurait des répercussions sociales et économiques considérables, dont certaines pourraient être désastreuses. En fin de compte, les effets climatiques indirects de l'appauvrissement de l'ozone pourraient se révéler aussi importants que les incidences directes sur la santé humaine.

Tout comme l'abondance de l'ozone stratosphérique dans l'atmosphère peut exercer une influence sur le climat, il est possible que le changement climatique agisse sur la quantité d'ozone. Selon les résultats de deux examens approfondis récents (Ozone Trends Panel, 1988; Organisation météorologique mondiale/Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989), si le dioxyde de carbone et les autres gaz à effet de serre provoquent un réchauffement de la troposphère, il y aura refroidissement de la stratosphère. On ignore toutefois si cela aggravera ou atténuera le problème de l'appauvrissement de l'ozone.

Il est possible que, sous les hautes latitudes, le refroidissement de la stratosphère durant l'hiver soit propice à la formation de nuages stratosphériques polaires et prolonge la durée du tourbillon polaire, favorisant ainsi la destruction de l'ozone au-dessus des pôles et des régions adjacentes. Mais il est aussi possible que les températures stratosphériques plus basses ralentissent certaines réactions chimiques, y compris celles qui détruisent l'ozone. D'après les modèles examinés dans l'étude effectuée par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'appauvrissement de l'ozone pourrait être moindre à cause du réchauffement par les gaz à effet de serre. Cependant, compte tenu des limitations des modèles, il est encore impossible de trancher en faveur de l'une ou l'autre de ces hypothèses.

Le réchauffement du globe et l'appauvrissement de l'ozone sont également liés par la contribution de certains gaz aux deux processus. L'oxyde nitreux,

les CFC et les halons sont non seulement des destructeurs très efficaces d'ozone, mais aussi de puissants gaz à effet de serre. Par d'exemple, les CFC et les halons, qui sont d'usage courant, peuvent représenter jusqu'à 24 % de l'effet de réchauffement causé par les polluants (Houghton et collab., 1990).

Si l'on veut analyser le réchauffement du globe et l'appauvrissement de l'ozone et prendre des mesures pour enrayer ces phénomènes, il est impossible d'aborder l'un en faisant abstraction de l'autre. Sur le plan des causes et des conséquences, il convient de considérer le réchauffement du globe et l'appauvrissement de l'ozone comme des aspects interreliés du phénomène plus général du changement atmosphérique d'origine anthropique.

L'AVENIR : LA GESTION DE LA STRATOSPHÈRE

Comment pouvons-nous prévoir les événements futurs?

Si l'on réduit les émissions de chlore et de brome provenant de composés destructeurs d'ozone, l'abondance de l'ozone stratosphérique doit revenir à ses valeurs normales. Ce rétablissement ne sera pas immédiat pour plusieurs raisons, notamment le retard inévitable dû à la mise en œuvre de telles réductions. Par ailleurs, une grande partie de la production mondiale de ces composés est encore stockée dans les extincteurs, les appareils de climatisation et de réfrigération ainsi que dans les mousses, et les émissions en provenance de ces réservoirs se poursuivront pendant de nombreuses années. Toutefois, le facteur primordial est la très longue durée de séjour de ces produits dans l'atmosphère : leurs effets se feront sentir longtemps après leur émission. La question cruciale est de savoir s'il est possible de réduire ces émissions et si ces réductions auront des effets observables avant que ne soient causés des dommages graves et peut-être irrémédiables.

Les modèles de simulation par ordinateur du comportement chimique, dynamique et physique de l'atmosphère constituent des outils puissants pour analyser les scénarios du futur. Ils permettent aux chercheurs de poser des séries de questions du type « que se passerait-il si... » sur les impacts possibles des diverses options ou de mettre à l'épreuve leur compréhension des interactions des divers processus chimiques et physiques. On peut ainsi distinguer les hypothèses valables et non valables, évaluer les stratégies et comparer les avantages de la réglementation touchant diverses substances.

Le tableau 23.2 résume les résultats d'une étude effectuée par un groupe de travail de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations Unies pour l'environnement (1989), dans laquelle on a modélisé divers scénarios relatifs à la réglementation des émissions de plusieurs des principaux composés destructeurs d'ozone. Pour chacun de ces scénarios, le modèle prédit les changements de la quantité d'ozone total susceptibles de se produire sous diverses latitudes ainsi que ceux qui surviendraient globalement dans la stratosphère à une altitude de 40 km. D'après les résultats de l'étude, même si les émissions étaient maintenues aux niveaux de 1985 (scénario 1), les quantités de chlore et de brome dans l'atmosphère tripleraient d'ici 2060. Une telle augmentation pourrait causer un appauvrissement de l'ozone total de près de 4 % au-dessus des tropiques, de 12 % au-dessus des hautes latitudes et pouvant atteindre 50 % dans l'ensemble de la portion supérieure de la stratosphère.

Avec une réglementation plus sévère, l'appauvrissement de l'ozone serait moins marqué. Cependant, d'après ce modèle, si l'on veut réduire les concentrations atmosphériques de chlore à moins de 2 ppbv, valeur à laquelle l'ozone au-dessus de l'Antarctique reviendrait théoriquement à la normale, il serait nécessaire d'interdire complètement l'utilisation des CFC, des halons, du tétrachlorure de carbone, du méthylchloroforme et de l'HCFC-22 (un hydrochlorofluorocarbure).

Pouvons-nous nous passer des substances destructrices d'ozone?

Comme en témoignent les statistiques sur l'industrie, la demande en substances destructrices d'ozone est considérable, de même que celle relative aux procédés et à l'équipement faisant appel à ces produits chimiques. Aux États-Unis seulement, on compte 5 000 entreprises qui fabriquent et utilisent des CFC à 375 000 endroits différents, emploient plus de 700 000 personnes et produisent des biens et services d'une valeur de 28 milliards de dollars (diverses sources, cité dans Manzer, 1990). On trouve des niveaux comparables d'utilisation, d'investissement et d'emploi dans les autres pays industrialisés. Aucune analyse aussi détaillée n'a été effectuée pour le Canada, mais on sait que près de 40 grands fabricants utilisent des CFC (Corpus, 1989) destinés à plus de 160 usages précis (Du Pont Canada Inc., 1988). Par ailleurs, dans les pays en développement, où l'usage des CFC était auparavant négligeable, les exigences d'une industrialisation rapide et la demande croissante en aliments réfrigérés ont conduit à une augmentation de la consommation de produits chimiques destructeurs d'ozone.

Même si la société pouvait renoncer à utiliser ces composés pour des usages apparemment dérisoires, tels les bombes aérosols, l'emballage et le rembourrage des meubles, d'autres besoins plus légitimes demeureront, notamment la réfrigération, la climatisation, l'isolation et la lutte contre les incendies (voir l'encadré 23.1). Ces besoins ne pouvant être éliminés, il faut trouver des moyens d'assurer ces services de manière à ne pas appauvrir l'ozone stratosphérique et à ne pas faire naître de nouveaux risques pour l'environnement ou la santé.

TABLEAU 23.2

Scénarios d'appauvrissement de l'ozone et projections pour 2060

Scénario : description	Appauvrissement de l'ozone (%)				Abondance des halogènes	
	Tropiques (colonne totale)	Hautes latitudes (colonne totale)	Latitudes moyennes (colonne totale)	Ensemble de la stratosphère (40 km)	Chlore (ppbv)[a]	Brome (pptv)[b]
Scénario 1 : Aucune réduction Concentrations de CFC et de halons maintenues aux niveaux de 1985; augmentation des concentrations de méthylchloroforme, de tétrachlorure de carbone et d'HCFC-22 aux niveaux précisés	1–4[c]	8–12		35–50	>9,2	>31
Scénario 2 : Réduction de 50 % Concentrations de CFC et de halons maintenus à 50 % des niveaux de 1985 d'ici l'an 2000, avec 50 % des CFC remplacés par l'HCFC-22; augmentation des concentrations de méthylchloroforme, de tétrachlorure de carbone et d'HCFC-22 aux niveaux précisés	1,5–3,0	5–8		25–40	<7,2	<22
Scénario 3 : Réduction majeure et remplacement Concentrations de CFC et de halons réduites de 95 % par rapport aux niveaux de 1985 d'ici l'an 2000, avec 50 % des CFC remplacés par d'HCFC-22; augmentation des concentrations de méthylchloroforme, de tétrachlorure de carbone et d'HCFC-22 aux niveaux précisés	Pas de changement		2–4	20–30	<5,4	<14
Scénario 4 : Réduction majeure et aucun remplacement Concentrations de CFC et de halons réduites de 95 % par rapport aux niveaux de 1985 d'ici l'an 2000; concentrations de méthylchloroforme, de tétrachlorure de carbone et d'HCFC-22 maintenues aux niveaux de 1985 et pas de remplacement des CFC par des HCFC.	Pas de changement	<4			3,6	14
Sénario 5 : Interdiction totale Interdiction totale des CFC, des halons, de l'HCFC-22, du méthylchloroforme et du tétrachlorure de carbone d'ici l'an 2000					1,9[d]	

[a] Abondance actuelle du chlore : 3,0 ppbv (parties par milliard en volume).
[b] Abondance actuelle du brome : 12,5 pptv (parties par billion en volume).
[c] Les projections indiquées ici ne tiennent pas compte des effets du réchauffement global ou des phénomènes se produisant dans les nuages stratosphériques polaires.
[d] Il n'y a pas d'appauvrissement de l'ozone à ce niveau.
Source : Organisation météorologique mondiale/Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989.

Même si l'adoption de substances inoffensives ou peu nocives pour l'ozone constitue également une source de croissance et d'emplois, cette décision engendrera certains bouleversements industriels, économiques et financiers (Pool, 1988; Manzer, 1990); comme pour toute tentative de prévision économique, la détermination de la gravité de ces bouleversements est au centre de vives controverses. En dépit des difficultés, le problème de l'intégrité de la couche d'ozone a conduit à un intérêt répandu pour la réduction et l'élimina-

ENCADRÉ 23.1

Les CFC à la maison

La plupart des foyers canadiens disposent d'appareils électriques contenant des substances destructrices d'ozone. Les réfrigérateurs contiennent environ 0,2 à 0,3 kg de CFC, les congélateurs, environ 0,3 à 0,5 kg et les climatiseurs centraux et les thermopompes, environ 13,5 kg. Environ 60 % de tous les véhicules neufs vendus au Canada et environ 90 % de ceux vendus aux États-Unis sont équipés de climatiseurs. Un appareil de modèle courant dans une voiture de tourisme ou dans un petit véhicule utilitaire contient approximativement 1,4 à 2,0 kg de CFC. En outre, la plupart des meubles rembourrés renferment de la mousse souple et les maisons plus récentes contiennent des quantités importantes d'isolant en mousse rigide, dont le gonflement a été obtenu grâce aux CFC.

tion progressives des composés destructeurs d'ozone et pour la recherche d'options plus douces.

Selon certaines estimations de l'industrie, la conservation (récupération, recyclage et régénération des produits et amélioration de l'entretien de l'équipement) permettra de réduire l'utilisation des CFC de 29 % d'ici l'an 2000; en outre, on parviendra à une réduction additionnelle de 30 % en utilisant des produits de remplacement sans CFC. Ces solutions de remplacement incluent l'emploi de composés aqueux et organiques comme agents de nettoyage dans l'industrie de l'électronique et le recours au dioxyde de carbone et à des gaz organiques comme agents de gonflement dans la fabrication des mousses. Les produits à base d'hydrocarbures halogénés resteront indispensables à 40 % au moins du marché; il s'agira toutefois de composés moins nocifs pour la couche d'ozone que ceux utilisés à l'heure actuelle (Manzer, 1990).

Les produits de remplacement : HCFC, HFC et HC

Les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) (voir l'encadré 23.2) et les hydrofluorocarbures (HFC) sont les produits de remplacement des CFC les plus prometteurs. Ces composés, quoique similaires à plusieurs égards aux CFC, contiennent aussi de l'hydrogène. Le carbone et l'hydrogène formant une liaison beaucoup moins durable que le carbone et les halogènes, d'importantes quantités d'HCFC et d'HFC sont dissociées par la lumière solaire et les processus chimiques avant leur transport dans la stratosphère. Toutefois, comme les HCFC contiennent du chlore, ils n'en demeurent pas moins une menace, quoique nettement moins marquée, pour la couche d'ozone. Les HFC ne contiennent pas de chlore et n'ont pas le potentiel d'appauvrir l'ozone stratosphérique.

Le problème principal posé par ces substituts est le suivant : plus leur structure chimique diffère des composés qu'ils sont destinés à remplacer, moins ils sont susceptibles de posséder les

ENCADRÉ 23.2

Les produits chimiques destructeurs d'ozone

La majorité des produits chimiques destructeurs d'ozone sont des hydrocarbures halogénés, un groupe de composés constitués de carbone et d'un ou de plusieurs membres de la famille des halogènes (p. ex., le chlore et le brome)[1]. La menace qu'ils constituent pour l'ozone stratosphérique découle de deux caractéristiques. L'une est la tendance naturelle des halogènes à catalyser les réactions destructrices d'ozone. L'autre est la force de la liaison chimique entre les atomes de carbone et d'halogène, qui confère à ces composés leur grande stabilité et leur permet de séjourner dans l'atmosphère assez longtemps pour atteindre la couche d'ozone stratosphérique.

Le pouvoir destructeur d'ozone d'un composé est appelé potentiel d'appauvrissement de l'ozone (PAO). Cette valeur permet de comparer le pouvoir destructeur de ce composé avec celui du CFC-11, auquel on attribue un potentiel de 1,0.

Chlorofluorocarbures (CFC)

Composé	Formule	PAO	Temps de séjour dans l'atmosphère (années)
CFC-11	$CFCl_3$	1,0	60
CFC-12	CF_2Cl_2	1,0	120
CFC-113	$CF_2ClCFCl_2$	0,8	90
CFC-114	CF_2ClCF_2Cl	0,6–0,8	200
CFC-114a	CF_3CFCl_2	n.d.	n.d.
CFC-115	CF_3CF_2Cl	0,3–0,5	400

n.d. = non disponible

Émissions globales (CFC-11, 12 et 113) : environ 800 000 t par an. Abondance dans l'atmosphère (CFC-11, 12 et 113) : 0,7 ppbv. Taux d'augmentation annuelle : 5–6 %. Contribution à l'appauvrissement de l'ozone total : plus de 80 %.

Les CFC ont été synthétisés dans les années 1890 et, par suite de la synthèse du CFC-12 en 1928, ils ont été largement utilisés comme frigorigènes, remplaçant plusieurs composés toxiques et inflammables alors en usage. Depuis, on a mis au point des CFC dotés d'autres propriétés pour un vaste éventail d'applications, principalement comme agents de gonflement dans la fabrication des mousses de polystyrène et de polyuréthanne, comme agents de propulsion dans les bombes aérosols et comme solvants et agents de dégraissage, notamment dans l'industrie de l'électronique.

Dès le début des années 1980, l'usage des CFC comme propulseurs d'aérosol a été interdit au Canada, aux États-Unis et en Scandinavie, sauf pour les applications essentielles. Cependant, cette diminution de l'usage a été compensée par un emploi accru des CFC pour d'autres applications. En outre, les aérosols continuaient à être largement employés dans les autres pays du monde.

Vingt-cinq pays produisent des CFC, mais cinq d'entre eux assurent 75 % de la production mondiale, les États-Unis et le Royaume-Uni comptant parmi les principaux producteurs. La part du Canada représente moins de 3 % de la production mondiale. En 1987, la consommation mondiale annuelle de CFC était supérieure à 1 million de tonnes. La consommation canadienne était d'environ 20 000 t par année en 1986–1987, mais ce chiffre est toutefois tombé à environ 16 000 t entre juillet 1989 et juillet 1990. La consommation mondiale de CFC par région est illustrée à la figure 23E.1.

Halons

Composé	Formule	PAO	Temps de séjour dans l'atmosphère (années)
Halon-1211	CF_2BrCl	2,2–3,5	25
Halon-1301	$CBrF_3$	7,8–16	80–110
Halon-2402	$C_2F_4Br_2$	5,0–6,2	23–28

Production mondiale annuelle (halons-1211 et 1301) : plus de 21 000 t. Émissions mondiales annuelles (halons-1211 et 1301) : 6 000 t. Abondance dans l'atmosphère : 0,0037 ppbv. Taux d'augmentation annuelle : 11–15 %. Contribution à l'appauvrissement de l'ozone total : 5 %.

[1] Le fluor halogène ne menace pas la couche d'ozone parce que tout fluor libéré lors de la destruction des HFC est rapidement transformé en fluorure d'hydrogène, qui n'a aucun effet sur l'ozone.

ENCADRÉ 23.2 (SUITE)

Les halons sont principalement utilisés dans la lutte contre les incendies. Il est probable que 70 % de tous les halons produits jusqu'à présent sont actuellement stockés dans des extincteurs et des systèmes de lutte contre les incendies; ils risquent donc d'être libérés dans l'atmosphère. Leur efficacité leur a valu une utilisation universelle dans la lutte contre les incendies dans les aéronefs. Ils assurent également la protection contre le feu des équipements et matériaux délicats et coûteux (p. ex., installations informatiques et bibliothèques), lesquels seraient endommagés par l'eau, la mousse et d'autres substances. La consommation de halons au Canada a quadruplé entre 1980 et 1988, passant de 200 à 800 t.

Tétrachlorure de carbone

Formule : CCl_4. PAO : 1,1. Temps de séjour dans l'atmosphère : 50 ans. Émissions annuelles : 66 000 t. Abondance dans l'atmosphère : 0,14 ppbv. Taux d'augmentation annuelle : 1,5 %. Contribution à l'appauvrissement de l'ozone total : moins de 8 %.

Le tétrachlorure de carbone est utilisé comme solvant industriel, comme agent de fumigation agricole et comme intermédiaire chimique dans un grand nombre de procédés industriels (p. ex., raffinage pétrochimique). À l'échelle mondiale, plus de 90 % du tétrachlorure de carbone est utilisé dans la fabrication des CFC et de substances similaires. Auparavant, ce produit était évacué dans l'atmosphère en grandes quantités après avoir servi au nettoyage à sec; toutefois, l'utilisation du tétrachlorure de carbone est interdite dans les industries de nettoyage d'Amérique du Nord et d'Europe occidentale depuis quelques années et la plupart des émissions actuelles proviennent d'Europe de l'Est. Au Canada, les approvisionnement intérieurs nets s'élevaient à 20 100 t en 1989 et sont restés relativement stables depuis la fin des années 1970. Sur ce chiffre, Environnement Canada indique qu'une fraction nettement inférieure à 0,5 % risque d'être émise dans l'atmosphère sous la forme de tétrachlorure de carbone.

Méthylchloroforme

Formule : $C_2H_3Cl_3$. PAO : 0,15. Temps de séjour dans l'atmosphère : 6 ans. Émissions mondiales annuelles : 474 000 t. Abondance dans l'atmosphère : 0,15 ppbv. Taux d'augmentation annuelle : 4 %. Contribution à l'appauvrissement de l'ozone total : 5 %.

Même si le méthylchloroforme se dissocie dans la troposphère, il demeure une menace parce qu'il est produit en grandes quantités et que, en raison de son utilisation comme agent de nettoyage des métaux, de grandes quantités également sont évacuées dans l'atmosphère. Au Canada, les approvisionnements intérieurs nets en 1989 s'élevaient à 16 300 t, comparativement à 12 500 t en 1977.

Hydrochlorofluorocarbures (HCFC)

Composé	Formule	PAO	Temps de séjour dans l'atmosphère (années)
HCFC-22	CHF_2Cl	0,04–0,06	15–20
HCFC-123	CF_3CHCl_2	0,02–0,16	1–2
HCFC-141b	CH_3CFCl_2	0,03–0,11	6–11
HCFC-124	CF_3CHFCl	0,016–0,024	5–10
HCFC-225ca	$CF_3CF_2CHCl_2$	n.d.	n.d.
HCFC-225cb	$CFHClCF_2CF_2Cl$	n.d.	n.d.

n.d. = non disponible

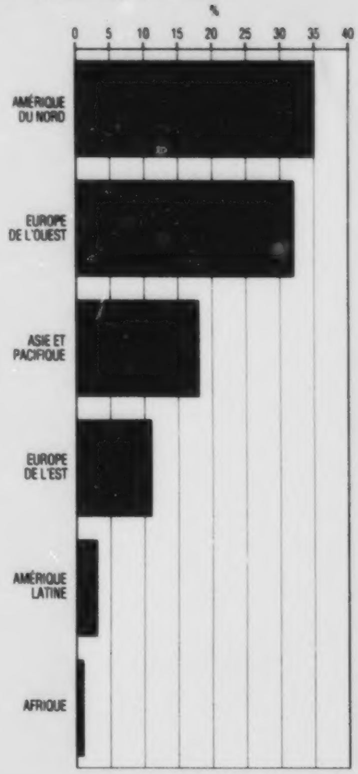
Émissions mondiales annuelles (HCFC-22) : plus de 70 000 t. Abondance dans l'atmosphère (HCFC-22) : 0,1 ppbv. Taux d'augmentation annuelle (HCFC-22) : 7–10 %. Contribution à l'appauvrissement de l'ozone total : moins de 0,5 %.

Les HCFC servent principalement de produits de remplacement des CFC. Le plus important est l'HCFC-22, qui a été utilisé pendant un certain temps comme produit de remplacement et qui est maintenant le produit chimique de choix dans certaines applications : appareils de climatisation et de réfrigération, thermopompes et gonflement de mousses. Même si les HCFC ont été approuvés en vertu du Protocole de Montréal et qu'ils deviendront les fluorocarbures de choix, probablement au cours du siècle prochain, ils n'en restent pas moins des destructeurs d'ozone et doivent être considérés comme des substituts temporaires.

Sources : Hammitt et collab., 1987; Pool, 1988; Corpus, 1989; Forester et collab., 1989; Organisation météorologique mondiale/Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989; Manzer, 1990; et sources industrielles.

FIGURE 23E.1

Consommation mondiale de CFC par région, 1987



Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, 1989.

caractéristiques requises et plus les coûts et les difficultés inhérents à leur utilisation sont élevés. La plupart des frigorigènes de remplacement, par exemple, sont moins efficaces que les CFC et doivent être pompés à plus haute pression. De plus, ils engendrent des températures plus élevées, font davantage de bruit, requièrent des compresseurs et des tuyaux plus robustes et sont incompatibles avec les matériaux employés dans les joints d'étanchéité ou avec les lubrifiants actuellement utilisés.

À partir de l'automne 1993, General Motors du Canada chargera tous ses nouveaux appareils de climatisation avec de l'HFC-134a; la conversion a

toutefois nécessité une révision complète des systèmes. Compte tenu de la durée de vie utile limitée d'un moteur automobile, les coûts peuvent être relativement faciles à absorber. En revanche, pour la conversion de grands systèmes commerciaux de réfrigération et de climatisation, qui sont déjà coûteux et doivent en principe avoir une durée de vie utile de plusieurs décennies, les coûts peuvent être extrêmement élevés. On a cependant réalisé des progrès, notamment par l'utilisation de mélanges d'HCFC. La plupart des climatiseurs résidentiels utilisent à présent des HCFC et le nombre de composés de substitution ira en croissant dans les années à venir. On emploie déjà l'HCFC-22 dans la réfrigération et la climatisation et les composés HFC-134a et HFC-152a sont des produits de remplacement prometteurs du CFC-12, bien que l'HFC-152a soit inflammable et que ces deux produits requièrent des éléments mécaniques modifiés (Pool, 1988; Manzer, 1990).

On considère généralement que les mousses rigides produites avec des agents de gonflement à base d'HCFC et d'HC (hydrocarbures) ont des propriétés isolantes relativement médiocres. Leur utilisation entraîne donc une consommation accrue d'énergie, ce qui a également une incidence dommageable pour l'environnement. L'HCFC-141b, l'HCFC-152a et l'HCFC-123 (seuls ou en mélange) se révèlent prometteurs comme agents de gonflement de remplacement, et un fabricant affirme que sa nouvelle mousse soufflée aux HCFC possède des propriétés isolantes identiques à celles de son produit fabriqué à partir de CFC. L'HCFC-123 possède un potentiel considérable comme agent de gonflement pour mousse et fait actuellement l'objet d'essais d'écotoxicité en vue de sa production prévue pour 1993. Certains de ces produits de remplacement sont toutefois inflammables, ce qui accroît le danger lors de leur fabrication et nécessite une adaptation coûteuse des procédés. Il est sans doute possible de compenser leurs faiblesses en améliorant la conception et en portant une plus grande attention à l'étude des procédés au stade de la fabrication.

On procède graduellement au remplacement des CFC employés pour le nettoyage des éléments électroniques (notamment les puces et les cartes de circuits imprimés) par des agents hydrosolubles et non halogénés. Ces derniers ne satisfont pas toujours à des normes de propreté aussi élevées, et leur introduction a été accueillie avec une certaine réticence de la part de l'industrie et de sa clientèle. Cependant, les éléments nettoyés à l'aide de substances de remplacement font actuellement l'objet d'évaluations rigoureuses dans le cadre d'essais effectués conjointement par les secteurs industriels, gouvernementaux et militaires. On prévoit qu'ils répondront aux exigences fonctionnelles et qu'ils seront de plus en plus acceptés. Les agents de nettoyage à base d'eau produisent en outre un effluent contaminé qui doit être traité avant son élimination.

Plusieurs entreprises ont récemment annoncé des produits de remplacement du halon-1211 et du halon-1301 pour les systèmes de lutte contre les incendies; il reste encore à évaluer les propriétés et le comportement de ces composés et les risques qu'ils présentent.

L'industrie et les gouvernements ont conjugué leurs efforts pour favoriser une transition ordonnée et équitable des CFC aux produits de remplacement. Il reste toutefois un problème à régler : certains substituts tels les HCFC, bien que beaucoup moins destructeurs que les composés qu'ils remplacent, constituent encore une menace pour la couche d'ozone. En dépit de cette caractéristique, l'industrie a demandé la confirmation de leur homologation. Le choix offert aux gouvernements est d'approuver certaines substances intérimaires imparfaites ou de reporter la transition jusqu'à ce que des produits de remplacement idéaux soient disponibles (c.-à-d. des produits qui remplaceraient les HCFC). Un tel délai se traduirait par la prolongation de l'usage des substances très dangereuses pour l'ozone. Les signataires du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone ont d'ores et déjà approuvé l'utilisation des HCFC à titre de produits de remplacement temporaires et acceptables pour un grand nombre de CFC, et ces composés continueront assurément d'être utilisés jusqu'à ce que l'on trouve des produits totalement inoffensifs.

Les produits de remplacement non apparentés

Quoique bien moins destructifs que les CFC, nombre de produits de remplacement ont encore des effets marquants sur l'ozone. De plus, les HCFC, les HFC et les HC sont tous des gaz à effet de serre et leur contribution au réchauffement global pourrait être encore plus nuisible à l'environnement que leurs effets sur l'ozone. En conséquence, on s'est beaucoup intéressé à la mise au point de produits de remplacement dits « non apparentés », lesquels ont des effets minimes sur l'environnement, tant pour ce qui est de l'appauvrissement de l'ozone que du réchauffement climatique.

Cette tendance se matérialisera probablement par l'utilisation de substances à base de papier comme produits de remplacement dans certains contenants en mousse pour les aliments. On remplacera certaines mousses souples employées dans les meubles rembourrés par des matériaux fabriqués sans agent de gonflement. De même, pour remplacer les isolants en mousse plastique soufflée, on aura probablement de plus en plus recours à des matériaux à base de fibre de verre et, peut-être, à des panneaux sous vide, moins efficaces mais ayant peu d'effets sur l'environnement.

Récupération, recyclage et réutilisation des substances destructrices d'ozone et révision des méthodes et procédés

Durant la période de transition, il sera important de récupérer, de recycler et de réutiliser les puissants destructeurs d'ozone encore en usage. Ces mesures seront nécessaires non seulement pour protéger l'environnement, mais aussi parce qu'une certaine demande subsistera pour ces produits chimiques après

l'abandon de leur fabrication. Par exemple, même si General Motors du Canada commencera à utiliser des frigorigènes de remplacement pour les climatiseurs à la fin de 1993, l'entreprise prévoit continuer à assurer l'entretien des véhicules utilisant du CFC-12 jusqu'à la fin du siècle et a installé des équipements de récupération dans tous ses centres de service canadiens. Ford Canada a pris des initiatives similaires, et Nissan a également fait part de son intention de recycler le CFC-12; on s'attend que d'autres constructeurs automobiles fassent de même.

Jusqu'ici, les solvants de dégraissage étaient généralement évacués dans l'atmosphère après usage, mais nombre de grandes compagnies mettent à présent sur pied des programmes de récupération et de recyclage et des industries spécialisées offrant ce service ont vu le jour. Il était aussi pratique courante d'évacuer les frigorigènes utilisés dans les climatiseurs résidentiels et commerciaux dans l'atmosphère lors de leur réparation, mais cette façon de procéder commence toutefois à disparaître et les organismes les plus responsables ont adopté le recyclage.

Des rejets inutiles de CFC se produisent souvent durant la fabrication et l'essai des équipements de réfrigération et de climatisation. De même, les essais et la formation en matière de lutte contre les incendies sont à l'origine d'une portion significative des rejets de halon. En effet, environ un quart seulement des émissions totales de halon-1301 dans l'atmosphère résultent de leur emploi lors de l'extinction d'incendies. L'industrie et les utilisateurs ont maintenant changé nombre de leurs méthodes afin de minimiser de telles pertes (Forester et collab., 1989). Dans l'industrie de la climatisation, par exemple, on a de plus en plus recours à des gaz inoffensifs pour l'environnement pour rincer les appareils et détecter les fuites. Récemment encore, on utilisait couramment à cette fin des CFC, lesquels étaient ensuite évacués dans l'atmosphère.

La sensibilisation croissante de l'industrie, du secteur des services et des utilisateurs aux questions environnementales, conjuguée à des changements dans les méthodes d'exploitation et à des mesures législatives judicieuses, contribuera à réduire de façon appréciable ces émissions superflues. À cet effet, le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990) fait état d'un nouveau programme de collaboration avec les provinces destiné à promouvoir la conservation, la récupération et le recyclage des principaux composés destructeurs d'ozone.

LES MESURES GOUVERNEMENTALES

En mars 1985, des représentants de 20 gouvernements du monde entier ratifiaient la Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone. Cette entente prévoyait la collaboration des pays signataires dans les domaines de la recherche, de la surveillance et de l'échange de renseignements, mais ne comportait aucun engagement précis en matière de réduction des émissions. L'annonce, peu de temps après, de l'appauvrissement de l'ozone au-dessus de l'Antarctique a fait naître un sentiment d'urgence quant à la nécessité d'adopter des mesures plus radicales et de plus grande portée. En septembre 1987, la communauté internationale a réagi par l'adoption du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, et des mesures précises de réduction ont été instaurées pour la première fois.

Le Protocole de Montréal

En vertu du Protocole de Montréal, les signataires devaient réduire l'utilisation des CFC de 50 % avant le milieu de l'année 1998 et imposer un gel de l'utilisation du halon au niveau de 1986 d'ici 1992. L'entente évoquait aussi le besoin d'une diminution et d'une élimination progressives des substances destructrices d'ozone à court terme et de l'évaluation continue des connaissances scientifiques pertinentes sur une période plus longue.

Ses dispositions prévoyaient l'imposition de mesures de restriction pour les CFC-11, 12, 113, 114 et 115, qui sont à l'origine d'environ 70 % des pertes d'ozone stratosphérique, et pour les halons-1301, 1211 et 2402. Le méthylchloroforme et le tétrachlorure de carbone n'étaient soumis à aucune restriction. Dans le protocole, les produits chimiques destructeurs d'ozone ont été divisés en deux groupes (groupe I, CFC; groupe II, halons); on a calculé le niveau de production pour chaque groupe en multipliant la production annuelle des divers produits chimiques par leur potentiel d'appauvrissement de l'ozone. On a ensuite fait la somme des niveaux de production calculés de chaque groupe. Ainsi, chaque pays disposait d'une certaine flexibilité pour ajuster sa production et son utilisation des substances destructrices d'ozone en fonction de ses propres besoins, cette valeur ne devant toutefois pas excéder le niveau de production calculé du pays en question. Le commerce des produits chimiques destructeurs d'ozone avec les pays non signataires a été interdit afin que l'on ne puisse pas contourner les dispositions du protocole.

Vingt-quatre pays ont ratifié le protocole entré en vigueur le 1[er] janvier 1989. Le Canada a été un des premiers pays à le ratifier. Cependant, même lors de la rédaction de sa version préliminaire, on était conscient que ses exigences étaient déjà inadéquates. Des réunions ont donc eu lieu à Helsinki en 1989 et à Londres en 1990, et les mesures de restriction ont alors été précisées, renforcées et élargies de façon à inclure le méthylchloroforme, le tétrachlorure de carbone et diverses autres substances (tableau 23.3). Les principaux pays industrialisés ont convenu d'éliminer progressivement la production de CFC et de halons d'ici l'an 2000 et de méthylchloroforme d'ici 2005. On a reconnu l'importance des HCFC en tant que produits chimiques de transition et leur emploi comme substituts des CFC a été approuvé jusqu'en 2020–2040.

TABLEAU 23.3

Le Protocole de Montréal : mesures révisées

Année	CFC cités dans le protocole	Autres CFC	Halons cités dans le protocole	Tétrachlorure de carbone	Méthylchloroforme
1992	gel	–	gel	–	–
1993	20 %	20 %	–	–	gel
1994	–	–	–	–	–
1995	50 %	–	50 %	85 %	30 %
1996	–	–	–	–	–
1997	85 %	85 %	–	–	–
1998	–	–	–	–	–
1999	–	–	–	–	–
2000	100 %	100 %	100 %	100 %	70 %
2005					100 %
Année de reference	1986	1989	1986	1989	1989

Remarques :

Le bien-fondé et la faisabilité des restrictions subséquentes seront considérés lors d'une réunion des pays signataires du protocole en 1992. Le 1er janvier 1993, les parties prendront une décision sur les usages essentiels des halons.

Les HCFC doivent être éliminés progressivement entre 2020 et 2040. Dans l'intervalle, leur usage doit être restreint aux produits de remplacement des CFC.

D'autres halons ont peu d'usages commerciaux. Des études sont en cours dans le cadre du Protocole de Montréal afin de déterminer s'ils peuvent être inclus dans le protocole (et, le cas échéant, de quelle manière).

Source : Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.

Le Canada s'est engagé sur une base indépendante à interdire l'utilisation des CFC d'ici 1997 et du méthylchloroforme d'ici l'an 2000, devançant ainsi les exigences du protocole. Le Comité permanent de l'environnement (1990) de la Chambre des communes, préoccupé par le potentiel de réchauffement du globe des HCFC et des HFC a par ailleurs expressément demandé que ces produits ne remplacent pas plus de 30 % et de 9 % des CFC, respectivement.

Les pays en développement font face à des problèmes particuliers au chapitre de la réduction et de l'élimination des produits chimiques destructeurs d'ozone. D'une part, les coûts de ces mesures constituent pour eux un obstacle énorme; d'autre part, ces pays connaissent une hausse de la demande en appareils de réfrigération à cause de leur climat chaud et de la forte croissance de leur population. L'Inde et la Chine ont soutenu avec véhémence que, ayant bénéficié de l'utilisation des composés destructeurs d'ozone, les pays industrialisés ont à présent des obligations envers les nations plus pauvres qui, en comparaison, n'ont guère causé de dommages à la stratosphère et auxquels on demande néanmoins de renoncer à ces avantages et d'assumer les coûts de la protection de l'environnement pour le bien universel. De plus, toujours selon l'Inde et la Chine, la plupart des pays en développement utilisent actuellement des produits chimiques destructeurs d'ozone à des niveaux qui favoriseraient la pérennité de l'environnement s'ils étaient adoptés à l'échelle mondiale.

Par suite de ces protestations, il a été convenu que les pays signataires dont la consommation annuelle de produits chimiques destructeurs d'ozone est inférieure à 0,3 kg par habitant bénéficieraient d'une période de grâce de 10 ans au-delà de celle accordée au monde industrialisé pour l'élimination progressive des CFC. Les pays industrialisés ont également consenti à verser 160 millions de dollars US d'ici 1994 à un fonds central, le Fonds multilatéral du Protocole de Montréal/ONU, destiné à aider les pays en développement à réduire leur dépendance face à des produits chimiques destructeurs d'ozone. Le fonds servira également à promouvoir la recherche de substituts efficaces et à mener des études de cas sur la conversion des procédés et des appareils où l'on utilise des CFC. Le Canada versera au fonds un maximum de 7 millions de dollars et contribuera au financement de son secrétariat, lequel sera basé à Montréal.

Les programmes fédéraux et le Plan vert du Canada

En décembre 1990, le gouvernement fédéral a publié le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990), un plan d'ensemble pour la protection de l'environnement faisant intervenir des programmes techniques et scientifiques, des projets d'information du public, des mesures législatives et réglementaires et des initiatives conjointes internationales et nationales. En vertu de ce plan, le Canada participera à des travaux de recherche avec les États-Unis, l'Union soviétique, le Japon et des pays d'Europe afin d'élaborer des solutions au problème de l'appauvrissement de l'ozone. Les lecteurs trouveront dans le Plan vert du Canada un sommaire détaillé des liens entre les projets de protection de l'ozone et les stratégies et politiques gouvernementales générales pour la protection de l'environnement.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

Les scientifiques peuvent maintenant attribuer avec certitude la perte d'ozone stratosphérique à la présence, dans l'atmosphère, de puissants gaz destructeurs d'ozone. Ces gaz — les CFC, les halons, le méthylchloroforme et le tétrachlorure de carbone — sont d'origine anthropique et leur abondance dans l'atmosphère connaît une croissance rapide et ce, à l'échelle de la pla-

nète. Il n'existe pas de preuve selon laquelle l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique a eu, jusqu'à maintenant, des effets mesurables sur la santé humaine ou sur les écosystèmes naturels, mais l'éventualité de tels dommages devient plus réelle à mesure que les pertes d'ozone stratosphérique s'aggravent.

De fait, l'importance de l'appauvrissement de l'ozone déborde largement le cadre des risques biologiques. Pour la première fois dans l'histoire de la planète, les êtres humains ont été à l'origine d'une perturbation géophysique majeure à l'échelle du globe, perturbation étalée sur quelques décennies mais qui se fera sentir pendant peut-être un autre siècle, même si nous prenons d'ores et déjà des mesures correctives. Cet acte a été commis par inadvertance et nous ignorons quelles en seront les répercussions réelles.

Nous avons cependant accompli des progrès appréciables dans la compréhension de la crise à laquelle nous devons faire face. En moins de 15 ans, l'hypothèse controversée de Molina et Rowland (1974) sur les effets des CFC sur la couche d'ozone a été acceptée. Mais, comme dans le cas de la plupart des questions environnementales complexes, la bouteille est en même temps à moitié vide et à moitié pleine : nous savons beaucoup de choses, mais nous devons en savoir encore beaucoup plus. L'écart entre nos connaissances et notre ignorance et la manière dont nous envisageons cette question constituent un autre volet du problème. En d'autres termes, en dépit d'une incertitude permanente, nous devons prendre des décisions extrêmement graves sur la gestion de l'environnement. Dans ce domaine, il est impossible de s'appuyer sur des preuves irréfutables. Nous sommes aiguillonnés par le désir d'en savoir plus, mais cette quête sans fin risque de paralyser nos mouvements. Même s'il n'est pas assuré que nous trouverons les meilleures solutions, nous pouvons raisonnablement espérer éviter le pire. Il ne faudrait pas oublier, non plus, que l'abstention est un luxe hors de notre portée; l'inaction est, en soi, une option lourde de conséquences et probablement désastreuse.

Les particuliers, les collectivités et les États doivent faire preuve de prudence et de discernement et admettre que l'incertitude peut jouer dans les deux sens : l'atmosphère peut être plus résistante à la dégradation par le chlore et le brome que nous le pensons, mais il est aussi possible que l'ozone stratosphérique soit en plus grand péril encore que nous l'avions prédit. La perte inattendue et massive d'ozone au-dessus de l'Antarctique devrait nous rappeler que la suffisance et l'optimisme sont des attitudes extrêmement risquées.

Une éminente chercheuse affirme : « L'hypothèse d'un appauvrissement de moitié de l'ozonosphère sous certaines latitudes et pendant des saisons données aurait semblé absurde et alarmiste au début des années 1980 » (Solomon, 1990). Mais, malgré notre manque de préparation, il reste des raisons d'espérer, car elle déclare ensuite : « Une décennie plus tard, on reconnaît que cette hypothèse est prouvée au-delà de tout doute scientifique raisonnable », et les gouvernements, admettant que les preuves ne sauraient être ignorées plus longtemps, ont traduit cette préoccupation en mesures concrètes dans le Protocole de Montréal.

De l'avis de la plupart des experts, il existe à présent un risque réel que l'appauvrissement global de l'ozone soit assez prononcé pour nuire à la vie à la surface de la Terre. Cette opinion est maintenant également partagée par les gouvernements. Même si une incertitude subsiste, une étape décisive a été franchie.

OUVRAGES CITÉS

Anderson, J.G., D.W. Toohey et W.H. Brune. 1990. « Free radicals within the antarctic vortex: the role of CFCs in antarctic ozone loss. » *Science*, 251 : 39–46.

Atkinson, R.J., W.A. Matthews, P.A. Newman et R.A. Plumb. 1989. « Evidence of the mid-latitude impact of antarctic ozone depletion. » *Nature*, 340 : 290–294.

Blumthaler, M., et W. Ambach. 1990. « Indication of increasing solar ultraviolet-B flux in alpine regions. » *Science*, 249 : 206–208.

Brune, W.H., D.W. Toohey, J.G. Anderson, W.L. Starr, J.F. Vedder et E.F. Danielsen. 1988. « In situ northern mid-latitude observations of ClO, O_3, and BrO in the wintertime lower stratosphere. » *Science*, 242 : 558–562.

Chapman, S. 1930. « A theory of upper atmospheric ozone. » *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, 3 : 103.

Chubachi, S. 1985. « A special ozone observation at Syowa station, Antarctica from February 1982 to January 1983. » Pages 285–289 dans : Zerefos, C.S., et A. Ghazi (réd.). *Atmospheric ozone. Proceedings of the quadrennial ozone symposium.* Halkidiki, Grèce, septembre 1984. Reidel, Dordrecht.

Comité permanent de l'environnement. 1990. *Les CFC, des émissions mortelles.* Juin 1990. Chambre des communes, Ottawa.

Corpus. 1989. *CPI product profiles: Fluorochloromethanes.* Don Mills.

Crutzen, P.J. 1970. « The influence of nitrogen oxide on atmospheric ozone content. » *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 96 : 320–325.

Du Pont Canada Inc. 1988. *Focus on ozone.* Streetsville.

Evans, W.F.J. 1987. « Depletion of the Arctic ozone hole by the notching mechanism during spring 1986. » *Eos*, 68 : 272.

Evans, W.F.J. 1990. « Ozone depletion in the arctic vortex at Alert during February 1989. *Geophysical Research Letters*, 17 : 167–170.

Evans, W.F.J., H. Fast, A.J. Forester, G.S. Henderson, J.B. Kerr, R.K.R. Vupputuri et D.I. Wardle. 1987. *Stratospheric ozone science in Canada: an agenda for research and monitoring.* ARD–87–3. Environnement Canada, Downsview.

Farman, J.C., B.G. Gardiner et J.D. Shanklin. 1985. « Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. » *Nature*, 315 : 207–210.

Forester, A.J., J.C. McConnell et W.F.J. Evans. 1989. *An assessment of the effect of halons on the environment.* ARD 89–007. Environnement Canada, Downsview.

Frederick, J.E., et H.E. Snell. 1988. « Ultraviolet radiation levels during the Antarctic spring. » *Science*, 241 : 438–440.

Gouvernement du Canada. 1990. *Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Grant, W.B. 1988. « Global stratospheric ozone and UVB radiation (response to Scotto et al. 1988*a*). » *Science*, 242 : 1111.

Hammitt, J.K., F. Camm, P.S. Connell, W.E. Mooze, K.A. Woolf, D.J. Weubbles et A. Bamezai. 1987. « Future emission scenarios for chemicals that may deplete stratospheric ozone. » *Nature*, 330 : 711–716.

Hampson, J. 1964. *Photochemical behaviour of the ozone layer.* Fiche technique 1627/64. Canadian Armaments Research and Development Establishment, Valcartier.

Hampson, J. 1974. « Photochemical war on the atmosphere. » *Nature*, 250 : 189–191.

Hofman, D.J., T.L. Deshler, P. Aimedieu, W.A. Matthews, P.V. Johnston, Y. Kondo, W.R. Sheldon, G.J. Byrne et J.R. Benbrook. 1989. « Stratospheric clouds and ozone depletion in the Arctic during January 1989. » *Nature*, 340 : 117–121.

Houghton, J.T., G.J. Jenkins et J.J. Ephraums (réd.). 1990. *Climate change: the IPCC scientific assessment.* Cambridge University Press, New York.

Johnston, H. 1971. « Reduction of stratospheric ozone by nitrogen dioxide catalysts from supersonic transport exhaust. » *Science*, 173 : 517–522.

Kerr, R.A. 1990. « Another deep Antarctic ozone hole. » *Science*, 250 : 370.

London, J., et K. Angell. 1982. « The observed distribution of ozone and its variations. » Pages 7–42 dans : Bower, F.A., et R.B. Ward (réd.). *Stratospheric Ozone and Man, vol. I.* CRC Press, Boca Raton.

Manzer, L.E. 1990. « The CFC-ozone issue: progress on the development of alternatives. » *Science*, 249 : 31–35.

McElroy, M.B., et R.J. Salawitch. 1989. « Changing composition of the global stratosphere. » *Science*, 243 : 763–770.

Molina, M.J., et F.S. Rowland. 1974. « Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalyzed distribution of ozone. » *Nature*, 249 : 810–812.

Organisation météorologique mondiale. 1985. *Atmospheric ozone: assessment of our understanding of the processes controlling its present distribution and change.* Vol. I, II et III. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project Report No.16. Genève.

Organisation météorologique mondiale/ Programmes des Nations Unies pour l'environnement. 1989. *Scientific assessment of stratospheric ozone: 1989.* Nairobi, et Genève.

Ozone Trends Panel. 1988. *Present state of knowledge of the upper atmosphere.* National Aeronautics and Space Administration reference publication 1208. National Technical Information Service, Springfield.

Plumb, A. 1990. « Ozone depletion in the Arctic (commentary on Proffitt et al. 1990). » *Nature*, 347 : 20–21.

Pool, R. 1988. « The elusive replacements for CFCs. » *Science*, 242 : 666–668.

Proffitt, M.H., J.J. Margitan, K.K. Kelly, M. Loewenstein, J.R. Podolske et K.R. Chan. 1990. « Ozone loss in the arctic polar vortex inferred from high-altitude aircraft measurements. » *Nature*, 347 : 31–36.

Programme des Nations Unies pour l'environnement. 1987. *The ozone layer.* Programme des Nations Unies pour l'environnement et Global Environmental Monitoring System, Environmental Library No. 2, Nairobi.

Programme des Nations Unies pour l'environnement. 1989. *Technology review report, July 1989.* Nairobi.

Roberts, L. 1989. « Does the ozone hole threaten antarctic life? » *Science*, 244 : 288–289.

Schoeberl, M.R., et D.L. Hartmann. 1990. « The dynamics of the stratospheric polar vortex and its relation to springtime ozone depletions. » *Science*, 251 : 46–52.

Scotto, J., G. Cotton, F. Urbach, D. Berger et T. Fears. 1988*a*. « Biologically effective ultraviolet radiation: surface measurements in the United States, 1974 to 1985. » *Science*, 239 : 762–764.

Scotto, J., G. Cotton, F. Urbach, D. Berger et T. Fears. 1988*b*. « Response to Grant (1988). » *Science*, 242 : 1111–1112.

Service d'information sur le cancer. Sans date. *Le cancer de la peau.* Bureau national de la société canadienne du cancer, Ottawa.

Solomon, S. 1990. « Progress toward a quantitative understanding of antarctic ozone depletion. » *Nature*, 347 : 347–354.

Stolarski, R.S., et R.J. Cicerone. 1974. « Stratospheric chlorine: a possible sink for ozone. » *Journal canadien de chimie*, 52 : 1610–1615.

Turco, R., A. Plumb et E. Condon. 1990. « The airborne arctic stratospheric expedition: prologue. » *Geophysical Research Letters*, 17 : 313–316.

Urbach, F. 1969. *The biological effects of ultraviolet radiation.* Pergamon Press, New York.

Voytek, M. 1990. « Addressing the biological effects of decreased ozone on Antarctic environment. » *Ambio*, 19(2) : 52–61.

Wofsy, S.C., M.B. McElroy et Y.L. Yung. 1975. « The chemistry of atmospheric bromine. » *Geophysical Research Letters*, 2 : 215–218.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Albritton, D.L., F.C. Fehsenfeld et A.F. Tuck. 1990. « Instrumental requirements for global atmosphere chemistry. » *Science*, 250 : 75–81.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1987. *Notre avenir à tous.* Les Éditions du fleuve et Les Publications du Québec, Montréal.

Dotto, L., et H.I. Schiff. 1978. *The ozone war.* Doubleday, Toronto.

Goody, R.M., et J.C. Walker. 1972. *Atmospheres.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Jones, R.R., et T. Wigley (réd.). 1989. *Ozone depletion: health and environmental consequences.* Wiley, New York.

Kastings, J.F., O.B. Toon et J.B. Pollack. 1988. « How climate evolved on the terrestrial planet. » *Scientific American*, 258 : 90–97.

Lovelock, J.E. 1987. *Gaia: a new look at life on Earth.* Oxford University Press, Oxford.

Lovelock, J.E. 1987. « Man and Gaia. » Dans : Goldsmisth, E., et N. Hildyard (réd.). *The Earth report.* Mitchell Beazley, London.

Mungall, C., et D.J. McLaren. 1990. *La Terre en péril.* Les Presses de l'Université d'Ottawa, Ottawa.

Roan, S.L. 1989. *Ozone crisis: the 15–year evolution of a sudden global emergency.* Wiley, New York.

Schneider, S.H., et R. Londer. 1984. *The coevolution of climate and life.* Sierra Club, San Francisco.

Stolarski, R.S. 1988. « The antarctic ozone hole. » *Scientific American*, 258 : 30–36.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été rédigé pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement par Andrew Forester, Dartside Consulting (Toronto).

Les contributions en données et en informations ainsi que la révision des diverses versions de ce chapitre sont l'œuvre de John D. Reid et David Wardle, Service de l'environnement atmosphérique, ainsi que de James Armstrong et Serge Langdeau, Direction des produits chimiques commerciaux, Conservation et Protection, Environnement Canada.

Outre la révision assurée par des membres du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par les personnes suivantes : Byron W. Boville, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Université de York (Downsview, Ontario), J.P. Bruce, président du Conseil du programme climatologique canadien (Ottawa), et F.K. Hare, chancelier, Université de Trent (Peterborough). Nous rendons ici un hommage particulier à ces éminents spécialistes pour leurs précieux conseils.

Peter Rodgers, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par David Francis, avec la collaboration de Marla Sheffer.

24

GRACIEUSETÉ DU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE, DOWNSVIEW

POINTS SAILLANTS

Il est naturel que l'eau de pluie, partout dans le monde, soit légèrement acide, mais dans l'est du Canada, il a été établi qu'elle est dix fois plus acide que la normale.

▪

Les quantités de polluants acidifiants émises en Amérique du Nord sont vertigineuses. En 1980, au Canada, les véhicules et les centrales électriques alimentés avec des combustibles fossiles ainsi que les fonderies ont produit environ 4,8 millions de tonnes de dioxyde de soufre et 1,8 million de tonnes d'oxydes d'azote; aux États-Unis, ces quantités étaient respectivement de 24 et 20 millions de tonnes.

▪

Des études indiquent que 50 % des substances acidifiantes qui retombent sur l'est du Canada proviennent du centre industriel des États du Midwest américain et sont transportées au Canada par les courants aériens.

▪

Les substances acidifiantes réagissent de façon complexe avec les constituants physiques et biologiques de l'écosystème. L'acidité accrue empoisonne les lacs et les cours d'eau, libère dans l'écosystème des métaux en concentrations toxiques, ronge la brique et la pierre, cause des affections pulmonaires et des troubles respiratoires chez les personnes sensibles, lessive les éléments nutritifs du sol, contribue au dépérissement des forêts et peut réduire la productivité agricole.

▪

Quatre millions de kilomètres carrés de terres (46 % de la superficie du Canada) possèdent un faible pouvoir de neutralisation de l'acidité par des composés alcalins, et leurs eaux sont considérées comme très sensibles aux effets écologiques de l'acidification. Une grande partie des terres très sensibles se trouvent à l'est du Manitoba, dans les régions où les teneurs en polluants acides sont les plus élevées.

▪

Le Canada et les États-Unis ont convenu de s'efforcer de réduire de moitié les émissions acidifiantes par rapport aux quantités de 1980. Dès 1990, l'ensemble des émissions, principalement dans l'est du Canada, avait été réduites de 40 % par rapport aux niveaux de 1980.

▪

Depuis 1970, la quantité globale de soufre acide contenu dans les précipitations tombant sur l'est du Canada a constamment baissé. Il a été établi que la réduction des émissions de soufre entraîne effectivement une amélioration des habitats aquatiques.

▪

Même si l'objectif d'une réduction de 50 % des niveaux d'émissions de 1980 est atteint, la plupart des terres et des eaux très sensibles de l'est du Canada ne seront pas entièrement protégées. De nombreux lacs seront encore menacés, et les répercussions sur les forêts et les autres ressources demeurent incertaines.

▪

TABLE DES MATIÈRES

Introduction . . . 24-4

Le processus d'acidification . . . 24-4
La nature du problème . . . 24-4
Qu'entend-on par précipitations acides? . . . 24-5
Les sources de polluants acidifiants . . . 24-5
Les dépôts de sulfate . . . 24-5

Les effets des dépôts acides sur l'environnement . . . 24-7
La sensibilité des écosystèmes . . . 24-7
Les réactions des écosystèmes terrestres . . . 24-9
Les forêts . . . 24-10
Les terres agricoles . . . 24-11
La faune terrestre . . . 24-11
Les réactions des écosystèmes aquatiques . . . 24-11
Les organismes aquatiques . . . 24-13
Les réactions de l'être humain . . . 24-15

Les répercussions socio-économiques de l'acidification . . . 24-16
Les effets de l'acidification sur les immeubles, les monuments et les matériaux . . . 24-16
Les coûts économiques de l'acidification . . . 24-17
Les coûts économiques de la lutte contre les émissions . . . 24-18

Comment résoudre le problème de l'acidification . . . 24-18
La sensibilisation et l'appui du public . . . 24-18
L'élaboration d'une politique de gestion . . . 24-18
Les stratégies de lutte . . . 24-20
La coopération internationale . . . 24-21

L'acidification de l'environnement et l'avenir . . . 24-21
Les avantages des mesures de lutte . . . 24-21
Les perspectives futures . . . 24-23

Ouvrages cités . . . 24-24

Pour de plus amples renseignements . . . 24-26

Remerciements . . . 24-26

Liste des encadrés

24.1 Des signes de progrès **24-19**

Liste des figures

24.1 L'échelle du pH **24-6**

24.2 Diagramme simplifié des sources et du transport atmosphérique des polluants acides produisant des dépôts acides. **24-7**

24.3 Provenance des polluants acides : principale source des oxydes de soufre et des oxydes d'azote et quantités dans chaque région en 1980 et 1985 . . . . . . **24-8**

24.4 Une tendance positive : émissions actuelles et prévues de dioxyde de soufre dans l'est du Canada, 1980–1994, par secteur d'origine **24-9**

24.5 Lieux de retombée des précipitations acides en Amérique du Nord en 1980. . . . . . **24-9**

24.6 Tendances des émissions de dioxyde de soufre et des dépôts humides de sulfate. **24-10**

24.7 Cycle de l'eau simplifié dans les écosystèmes terrestres et aquatiques **24-11**

24.8 Zones les plus vulnérables **24-12**

24.9 Croissance de l'érable à sucre dans les zones où les niveaux de pollution atmosphérique sont élevés, moyens et faibles, 1900–1990. . . . . . **24-13**

24.10 Acidification des eaux de surface dans l'est du Canada **24-14**

24.11 Corrosion d'un ouvrage du patrimoine national **24-16**

24.12 Schémas des dépôts de sulfate prévues pour quatre scénarios de lutte contre les émissions **24-22**

24.13 Possibilité d'amélioration des écosystèmes aquatiques en fonction des quatre scénarios de réduction des émissions décrits à la figure 24.12 . . . . . . **24-23**

> **« Les premiers signes de dommages écologiques à distance dus à ces polluants [atmosphériques] sont apparus en Scandinavie au cours des années 1960, des rapports signalant la diminution des populations de poissons dans les lacs. Peu après, on a observé la disparition de toute forme de vie aquatique dans certaines masses d'eau. »**
>
> Brown et collab., 1988.

INTRODUCTION

Au cours des années 1980, les « pluies acides » sont devenues, pour de nombreux Canadiens, le symbole même de la crise de l'environnement. Rares étaient ceux qui pouvaient comprendre parfaitement les causes et les effets du problème, mais pour tous, un fait alarmant s'imposait : si la nature même des pluies était altérée, cela toucherait tout le monde.

Il ne s'agissait pas d'un simple problème local. Cette menace se moquait des limites provinciales et des frontières internationales et frappait au cœur de questions globales comme l'exploitation durable des ressources et le développement économique. Les solutions fructueuses exigeraient le recours à un large éventail d'expertises des milieux scientifiques, politiques et administratifs et une coopération sans précédent en temps de paix entre gouvernements, entreprises et centres de recherche.

Au début des années 1980, la « guerre » aux précipitations acides a surtout été menée sur des fronts comme la dégradation de la qualité de l'eau et la diminution des populations de poissons. L'acidification des lacs apparemment purs du Bouclier canadien offrait une image frappante. En dépit du fait que les ravages des dépôts acides ne se limitent pas exclusivement aux lacs, l'image de la mort biologique des lacs des régions sauvages éloignées a été un point de mire utile pour gagner l'appui du public dans la tâche complexe de la négociation des normes d'émissions et autres mesures correctives. Dès le milieu de cette décennie, le public s'est cependant rendu compte que, selon toute vraisemblance, la vie aquatique n'était pas la seule en péril.

Même les scientifiques ne connaissent pas encore exactement l'ampleur des dangers. Étant donné la richesse et la diversité des ressources naturelles du Canada, la détermination de tous les effets de l'acidification dans ce pays représente une tâche colossale. Les chercheurs ont amélioré leurs connaissances sur l'impact des dépôts acides sur les eaux de surface et les pêches, mais leur compréhension de ces effets sur les forêts, l'agriculture et la santé est encore limitée. Il est donc difficile pour les décideurs des gouvernements et des entreprises de faire des évaluations complètes des risques et des avantages dans des situations où les précipitations acides constituent un facteur à prendre en compte.

LE PROCESSUS D'ACIDIFICATION

La nature du problème

Il y a plus d'un siècle, le chimiste britannique Robert Angus Smith forgeait le terme « acid rain » (pluie acide) (Smith, 1872) et, malgré les limites de techniques jugées rudimentaires d'après les normes actuelles, il démontrait que la fumée et les vapeurs contenaient des substances causant d'importants changements dans la composition chimique des précipitations, et que ces changements pouvaient être détectés non seulement à proximité de la source d'émission, mais également « dans les champs, à une grande distance de cette source ». Il a également établi quelques-uns des effets nocifs des précipitations acides, comme la décoloration des tissus, la corrosion des surfaces métalliques, la détérioration des matériaux de construction et le dépérissement de la végétation.

Au Canada, les précipitations acides n'ont pas été reconnues comme étant une préoccupation environnementale avant les années 1950. En 1955, Eville Gorham, de l'Université de Dalhousie, a attribué l'acidité anormale qu'il avait détectée dans les précipitations et dans l'eau des lacs de la Nouvelle-Écosse aux polluants atmosphériques qui, selon lui, pouvaient provenir de sources éloignées. Les études et la surveillance des eaux de surface entreprises par le ministère canadien des Mines et des Relevés techniques (Thomas, 1953) ont fourni de précieuses données de base pour une analyse documentée des tendances et des répercussions de l'acidification.

En 1966, Harold Harvey, de l'Université de Toronto, a relevé de graves pertes chez les populations de poissons des lacs des monts La Cloche, au sud-ouest de Sudbury (Ontario), et a attribué ces pertes à l'acidification des eaux par les précipitations acides (Beamish et Harvey, 1972). Deux programmes de recherche majeurs, soit les études de référence sur les Grands Lacs d'amont de la Commission mixte internationale (1982) et l'étude de l'environnement de Sudbury entreprise par les ministères de l'Environnement et des Richesses naturelles de l'Ontario (ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1979), ont tous deux produit des rapports qui reconnaissaient l'état chimique anormal des précipitations tombant sur les terres et les eaux de l'Ontario.

Ces résultats de recherche, corroborés par d'autres études effectuées à l'étranger, ont été à l'origine de la tenue d'un colloque en 1975 pour étudier le problème de la contribution de l'atmosphère à la chimie des eaux des lacs (Matheson et Elder, 1976). En mai 1976, Environnement Canada a décidé de former un comité de scientifiques ayant pour mandat d'étudier le transport à distance des polluants atmosphériques (TADPA). Le rapport de ce groupe indique que :

«... au Canada, la possibilité de problèmes de cette nature existe. Nous avons les conditions météorologiques qui se prêtent au transport de polluants à partir de régions sources au Canada et aux États-Unis jusque dans les régions de notre pays dont les sols, les eaux, les populations de poissons et les forêts sont sensibles ». (Whelpdale, 1976)

Qu'entend-on par précipitations acides?

Dans les médias, les termes « pluies acides » et « précipitations acides » ont été utilisés de façon impropre. Techniquement, les polluants acidifiants et les polluants acides sont transportés et déposés via l'atmosphère, non seulement sous forme de pluie, mais également sous forme de neige, de nuages et de brouillard (dépôts humides) et sous forme de gaz et de poussières (dépôts secs) en période de temps sec. Lorsque nous voulons parler en général de toutes ces formes, le terme « dépôts acides » est plus approprié que pluies ou précipitations acides.

Dans le monde entier, les précipitations normales sont légèrement acides, avec un pH d'environ 5,6–5,0 (figure 24.1). Cette faible quantité d'acidité provient de l'absorption du dioxyde de carbone et d'autres substances acides d'origine naturelle. Dans certaines régions, le pH des précipitations peut dépasser 5,6, par exemple, dans les provinces des Prairies où les matériaux de sols alcalins emportés par le vent réduisent effectivement les niveaux d'acidité naturelle.

Cependant, les précipitations qui tombent sur l'est de l'Amérique du Nord ainsi que sur une grande partie de l'Europe sont dix fois plus acides que la normale, principalement à cause de l'incorporation de dioxyde de soufre (SO_2) et d'oxydes d'azote (NO_x) atmosphériques (figure 24.2). Ces gaz d'origine anthropique réagissent de façon complexe pour former de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique dans l'atmosphère, c'est-à-dire dans les eaux de pluie, la neige et les gouttelettes des nuages. Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote atteignent directement la terre sous forme de gaz ou de particules sèches et réagissent pour créer des conditions acides. Ces deux polluants ajoutent de l'acidité aux nuages et aux précipitations; ainsi, les gouttelettes des nuages présentaient des pH aussi bas que 2,6 lors des mesures effectuées au mont Whiteface, dans l'état de New York (Castillo, 1979).

Les sources de polluants acidifiants

Il existe des sources naturelles d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote; toutefois, plus de 90 % des émissions de soufre et 95 % des émissions d'azote dans l'est de l'Amérique du Nord sont d'origine anthropique. Les plus importantes sources de ces polluants sont la fusion ou l'affinage des minerais de métaux sulfurifères, et l'utilisation de combustibles fossiles pour la production d'énergie.

En 1985, environ 70 % des émissions de dioxyde de soufre aux États-Unis provenaient des centrales thermiques alimentées au charbon ou au mazout, tandis qu'au Canada, environ 50 % de ces émissions provenaient des fonderies de minerais et environ 20 %, des centrales électriques alimentées avec des combustibles fossiles. Les émissions de soufre dans les deux pays ont tendance à se concentrer dans relativement peu d'endroits. Par contre, les sources des émissions d'azote sont très répandues. Environ 40 % des oxydes d'azote proviennent du secteur des transports (autos, camions, autobus, trains), environ 25 % des centrales thermoélectriques, et le reste, des procédés de combustion industriels, commerciaux et résidentiels.

La figure 24.3 donne la répartition des sources nord-américaines d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote ainsi que les concentrations de ces polluants dans les régions géographiques délimitées sur la carte. En 1980, année de référence pour la mesure des émissions, les émissions de dioxyde de soufre étaient évaluées à 4,6 millions de tonnes au Canada, et à 24 millions de tonnes aux États-Unis. Les émissions d'oxydes d'azote dans les deux pays étaient respectivement de 1,8 et 20 millions de tonnes. La figure 24.4 indique les tendances en ce qui a trait aux émissions de dioxyde de soufre dans l'est du Canada et dans tout le Canada, de même que les objectifs de 1994 en matière de réduction des émissions pour l'est du Canada.

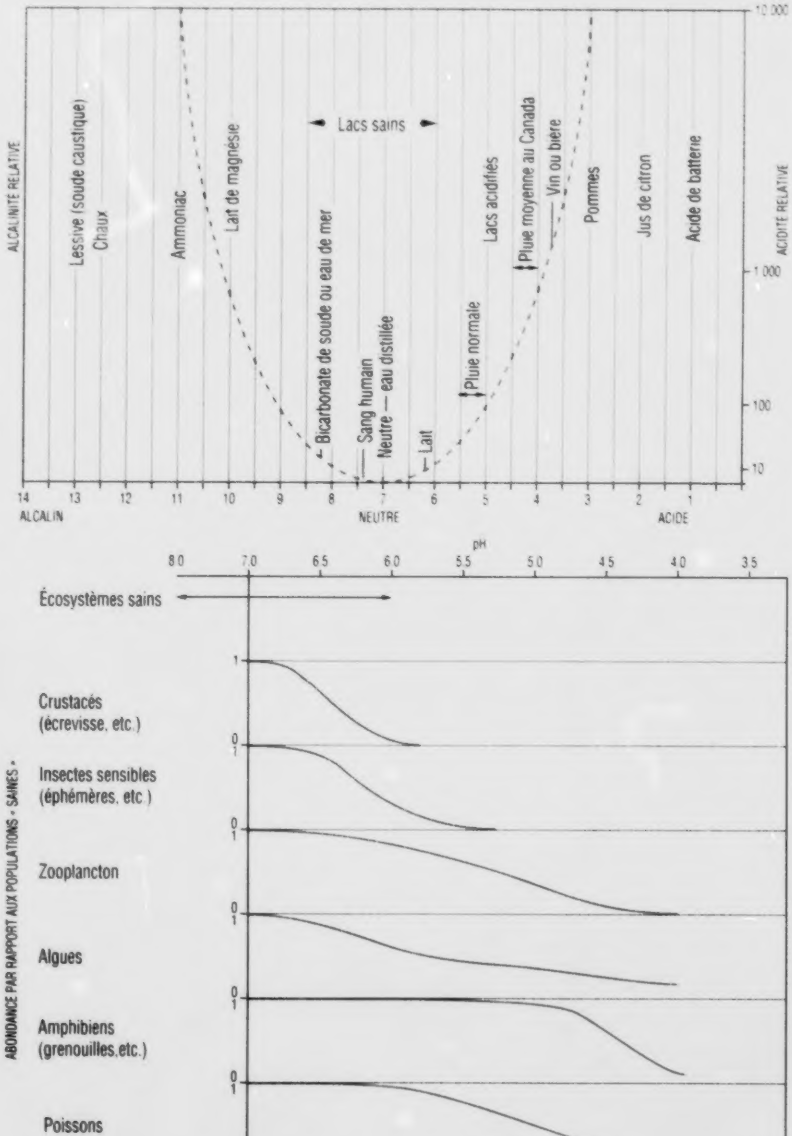
Les dépôts de sulfate

Comme il a été mentionné au chapitre 2, les polluants atmosphériques acides sont souvent transportés à des milliers de kilomètres de leur point d'origine avant d'être déposés. Étant donné que les déplacements des masses d'air et des tempêtes ont tendance à suivre systématiquement les mêmes trajectoires, les polluants de certains endroits sont transportés au loin et retombent généralement dans les mêmes régions. Dans l'est de

FIGURE 24.1

L'échelle du pH

On peut illustrer la plage de l'acidité relative en comparant des substances courantes de la vie quotidienne. L'acidité se mesure généralement par le pH, sur une échelle qui va de 0, la valeur la plus acide, à 14, la valeur la plus alcaline. Un changement d'une unité indique que l'acidité est multipliée ou divisée par 10 (c.-à-d. que le pH 4 est dix fois plus acide que le pH 5). À mi-chemin de cette échelle, le pH 7 représente un état d'équilibre, le point neutre. En règle générale, les organismes prospèrent lorsque le pH avoisine le point neutre, mais ils sont menacés lorsque les valeurs se rapprochent de l'une ou de l'autre extrémité de l'échelle. La truite, par exemple, prospère dans une eau dont le pH varie de 7 à 6. À un pH de 5,5, elle présente des troubles de reproduction, et en dessous de 5,0, elle ne peut généralement pas survivre.



1 = population saine, 0 = aucune population

l'Amérique du Nord, les configurations atmosphériques se déplacent généralement du sud-ouest vers le nord-est. Ainsi, les polluants émis à partir de sources situées dans le centre industriel des États du Midwest américain et du centre du Canada retombent régulièrement dans les régions plus rurales et comparativement plus pures du nord-est des États-Unis et du sud-est du Canada.

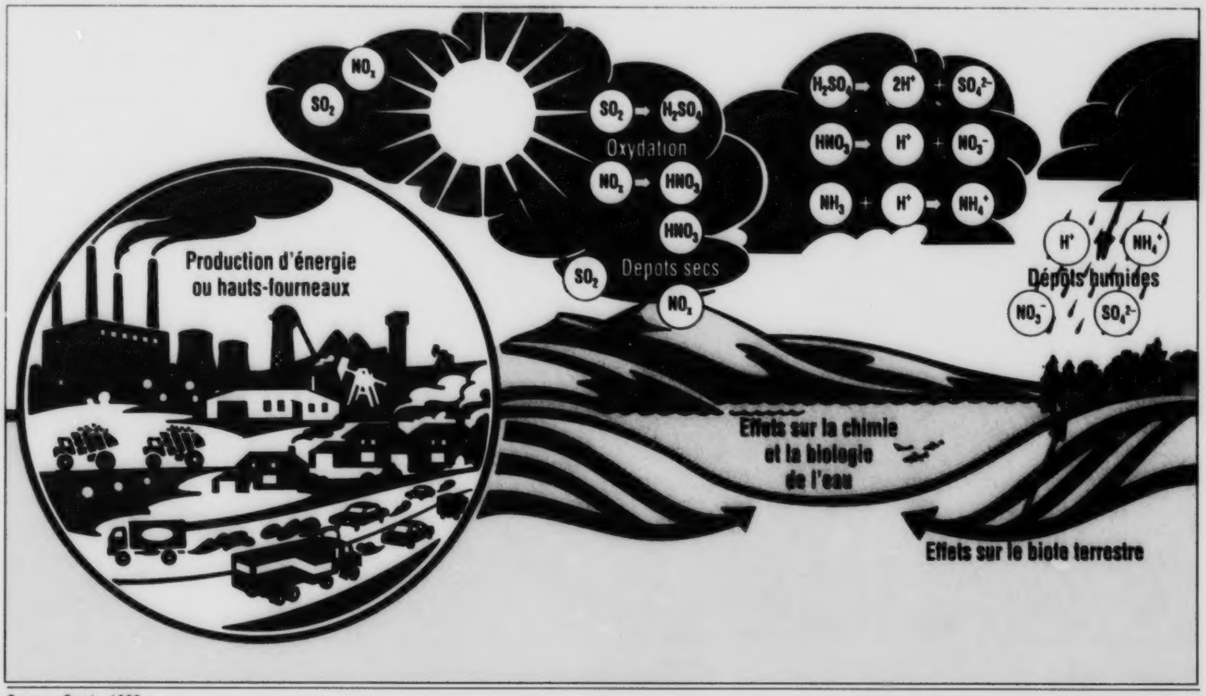
Étant donné que les émissions de dioxyde de soufre sont surveillées à la source, elles peuvent être mesurées, au Canada et aux États-Unis, par province ou par État. Des modèles de simulation par ordinateur utilisent les données des émissions comme celles de la figure 24.3 pour déterminer de façon approximative le lieu de destination de ces polluants. Ces hypothèses sont ensuite confirmées par comparaison avec la quantité réelle des dépôts de sulfate enregistrée dans les stations de surveillance météorologique partout au Canada et aux États-Unis. La modélisation permet aux chercheurs d'évaluer quelle quantité de sulfate mesurée dans une station d'enregistrement donnée provient d'une région particulière. Grâce à cette méthode, on a établi qu'environ 50 % du sulfate déposé au Canada provient de sources situées aux États-Unis (Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance [CCRS], 1990, 3e partie).

La figure 24.5 donne le taux annuel de dépôts de sulfate en Amérique du Nord en 1980. Il est évident que le sud de l'Ontario et le sud-ouest du Québec ont reçu les plus grandes quantités. (Le pH moyen des précipitations dans le centre de l'Ontario est d'environ 4,2 [CCRS, 1990, 3e partie]). En corrélant la quantité des dépôts acides dans une région donnée et les dommages observés dans les écosystèmes, il devient alors possible de décrire les réactions auxquelles on peut s'attendre à partir de divers niveaux d'émissions acides et de dépôts subséquents.

FIGURE 24.2

Diagramme simplifié des sources et du transport atmosphérique des polluants acides produisant des dépôts acides

Les substances d'origine anthropique qui déclenchent le phénomène sont le dioxyde de soufre (SO_2) et les oxydes d'azote (NO_x). Des processus chimiques complexes dans l'atmosphère et au sol les transforment en acide sulfurique (H_2SO_4) et en acide nitrique (HNO_3).



Source : Gorrie, 1986.

Un réseau continental de stations météorologiques surveille les dépôts acides depuis environ 1979, c'est-à-dire depuis suffisamment longtemps pour indiquer les changements ou les tendances des dix dernières années. Bien qu'ils atteignent encore des niveaux indésirables dans de nombreuses régions de l'est du Canada, les dépôts de sulfate occasionnés par les précipitations ont diminué à un rythme à peu près constant (voir la figure 24.6). Selon une pondération pour tout l'est de l'Amérique du Nord, la diminution des dépôts de sulfate serait presque directement proportionnelle à la diminution des émissions. Cette observation confirme la proposition selon laquelle les teneurs en polluants acides de l'atmosphère peuvent être réduites si l'on réduit les émissions.

LES EFFETS DES DÉPÔTS ACIDES SUR L'ENVIRONNEMENT

La pollution acide qui pénètre dans un écosystème influe sur une grande variété de processus écologiques. La figure 24.7 donne une bonne idée de la complexité du cycle de l'eau dans les écosystèmes terrestres et aquatiques. Le cycle de l'eau dans la nature est semblable à la circulation du sang dans un organisme. Lorsque la chimie du sang est modifiée au-delà de limites acceptables, les fonctions vitales de base de l'organisme sont menacées. L'acidification de l'eau peut avoir un effet semblable sur des écosystèmes complets, d'où son importance en tant que menace majeure pour la santé de l'environnement, tant à l'échelle régionale que planétaire.

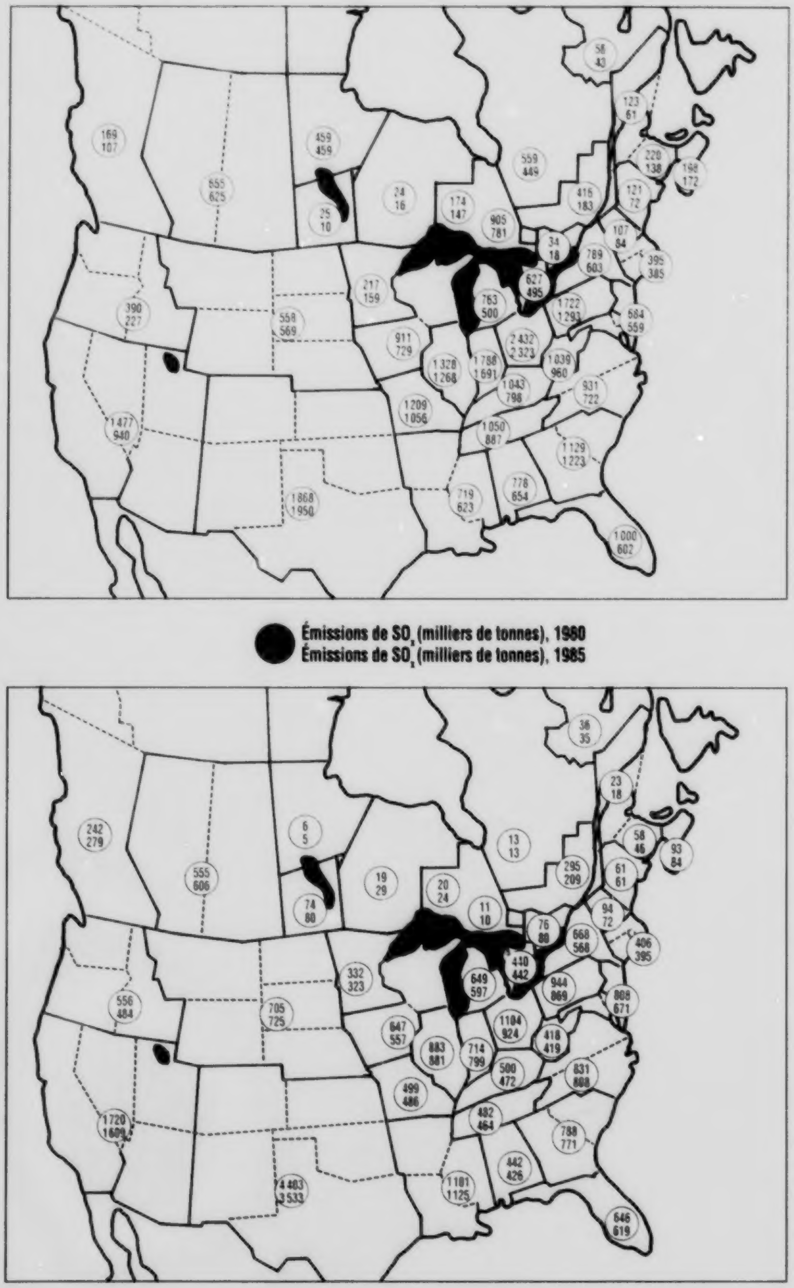
Comparativement au rythme lent des processus géophysiques et évolutifs naturels, les changements systémiques induits par ces contaminants atmosphériques ont été presque instantanés. Des événements aussi brusques et radicaux peuvent faire des ravages dans les écosystèmes dont le rythme d'évolution et d'adaptation est souvent mesuré non pas en années et en décennies, mais en siècles et en millénaires.

La sensibilité des écosystèmes

Les effets combinés de l'eau anormalement acide sur les roches, les sols, les plantes et les animaux sont déterminants de la réaction ultime des écosystèmes, et particulièrement des eaux douces, aux dépôts acides. La météorisation des roches peut être

FIGURE 24.3

Provenance des polluants acides : principale source des oxydes de soufre (SO_x) et des oxydes d'azote (NO_x) et quantités dans chaque région en 1980 et 1985



Source : CCRS, 1990, 2ᵉ partie.

accélérée, les éléments nutritifs et les métaux traces du sol peuvent être altérés, la croissance des plantes peut être ralentie, et la capacité des habitats à assurer la subsistance des organismes vivants peut être diminuée. La limite de la résistance d'une région donnée aux effets dommageables des dépôts acides est appelée sensibilité à l'acidification.

La sensibilité d'une région ou d'un écosystème est directement proportionnelle à sa capacité de neutralisation de l'excès d'acidité. Si, après un épisode de dépôts acides, les effets dommageables sont minimes et que les conditions reviennent rapidement près de la normale, l'écosystème n'est pas considéré comme sensible. Par contre, si l'écosystème subit de graves dommages parce qu'il peut difficilement neutraliser les polluants acides, il est alors considéré comme très sensible.

La capacité d'une région de neutraliser l'acidité est déterminée principalement par les caractéristiques de ses sols et de la roche en place (Cowell et Lucas, 1986). Un modèle basé sur les données disponibles provenant des inventaires des terrains et des sols et des inventaires écologiques des terres répartit les paysages canadiens en trois classes de sensibilité — élevée, moyenne et faible — fondées sur leur pouvoir de neutralisation des dépôts acides (figure 24.8). Une grande partie des paysages de faible capacité de réduction de l'acidité, et donc de sensibilité élevée, se trouvent dans le Bouclier canadien. Cette région est dominée par une roche granitique et une mince couche de sols peu évolués, et contient une grande partie des richesses du Canada en lacs et milieux humides. En tout, les terres de la catégorie de sensibilité élevée couvrent quelque 4 millions de kilomètres carrés, soit environ 46 % de la superficie du pays.

Il est évident que les niveaux élevés de dépôts acides dans les régions à faible capacité de neutralisation causeront vraisemblablement de graves dommages aux écosystèmes. En comparant les régions présentant des niveaux élevés de dépôts humides de sulfate (sulfate mesuré dans les précipitations) (figure 24.5) et les régions très sensibles (figure 24.8), on peut facilement voir la corres-

pondance des deux conditions. Ce sont ces régions qui soulèvent le plus de préoccupations. En 1980, plus de 10 kg de sulfate par hectare ont été déposés sur les terres sensibles de l'Ontario, du Québec et des provinces de l'Atlantique; les terres du sud-ouest de la Colombie-Britannique ont reçu des dépôts moins élevés. Les réactions écologiques de ces régions aux dépôts acides sont importantes, parfois mêmes graves, et prennent la forme de dommages causés aux lacs.

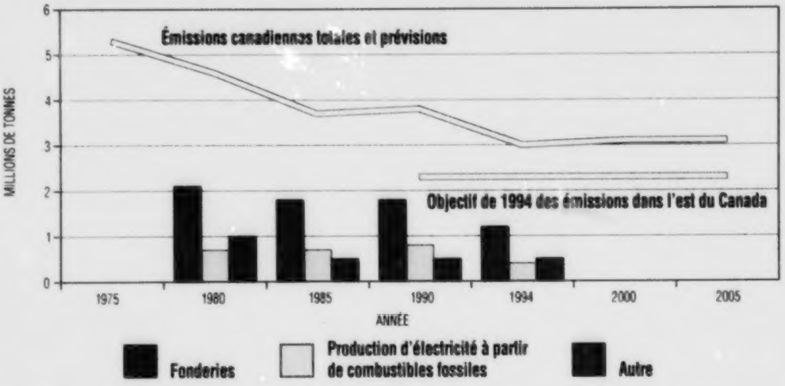
Les réactions des écosystèmes terrestres

La figure 24.7 illustre une variété d'interactions possibles entre les dépôts acides et les écosystèmes. Dans les régions boisées, par exemple, le feuillage du couvert supérieur intercepte et recueille une certaine partie des précipitations, y compris leur charge acide. Les feuilles filtrent également les particules sèches et les gaz, et ralentissent la vitesse à laquelle les polluants acides atteignent le sol. Lorsque ces substances finissent par pénétrer dans le sol, que ce soit en chute libre ou par ruissellement sur les troncs des arbres et les tiges des plantes, elles élèvent le taux d'acidité des eaux souterraines et altèrent les cycles naturels des sols, diminuant généralement la quantité d'éléments nutritifs dans le sol et accélérant le processus d'épuisement chimique du sol. L'élévation de l'acidité entraîne également de nouvelles réactions auxquelles l'écosystème n'est pas adapté, notamment une demande accrue en éléments dits « basiques » (c.-à-d. alcalins), comme le calcium et le magnésium, et la libération de ces éléments dans l'eau contenue dans le sol.

Au début, ce lessivage qui élimine les cations basiques des racines des plantes et des particules de sol joue un rôle tampon et neutralise l'excès d'acidité. Cependant, de nombreux sols canadiens ont des réserves minimales de cations basiques. Lorsque le rythme du lessivage dépasse la disponibilité de ces substances tampons, l'eau demeure acide. Les métaux qui sont toxiques à des concentrations élevées, comme l'aluminium, commencent à

FIGURE 24.4

Une tendance positive : émissions actuelles et prévues de dioxyde de soufre dans l'est du Canada, 1980–1994, par secteur d'origine



Source : CCRS, 1990, 2e partie.

FIGURE 24.5

Lieux de retombée des précipitations acides en Amérique du Nord en 1980

Les chiffres représentent les concentrations de dépôts acides (sulfate) exprimées en kilogrammes de sulfate par hectare et par année. Les lignes délimitent les régions qui accumulent plus de 10, 20, 30 et 40 kg/ha en une année.

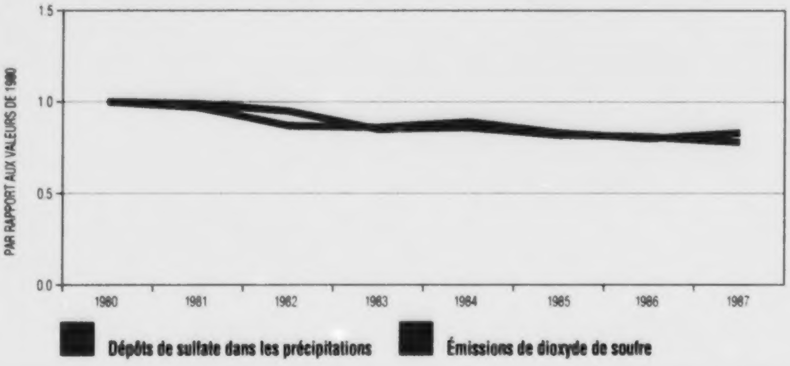
Remarque : Les concentrations élevées de dépôts de sulfate dans certaines parties de l'Alberta et de la Saskatchewan sont dues à la présence de sulfate de calcium dans les sols non acides érodés par le vent (CCRS, 1990, 3e partie).

Source : Barrie et Hales, 1984.

FIGURE 24.6

Tendances des émissions de dioxyde de soufre et des dépôts humides de sulfate

La diminution des dépôts de sulfate, dont la moyenne a été établie pour tout l'est de l'Amérique du Nord, est presque directement proportionnelle à la réduction des émissions.



Source : CCRS, 1990, 3e partie.

se dissoudre et sont transportés par les eaux souterraines dans les cours d'eau et les lacs. Dans certains cas, le sol peut subir des modifications si radicales qu'il ne peut plus assurer la subsistance de certaines populations établies de plantes.

On pense que les polluants acides et autres polluants atmosphériques peuvent endommager la végétation non seulement par la modification des éléments nutritifs du sol, mais également par le contact direct avec les tissus des plantes. Des expériences en milieu contrôlé ont montré que ces substances peuvent altérer les surfaces protectrices cireuses des feuilles et entraver le fonctionnement des cellules de garde. On ne connaît pas encore très bien les effets de ces changements, mais on estime qu'ils diminuent la résistance aux maladies et qu'ils peuvent inhiber la germination et la reproduction des espèces touchées.

Les plantes peuvent également être touchées par des modifications indirectes du milieu naturel. Des concentrations élevées d'aluminium dans le sol peuvent empêcher l'assimilation des éléments nutritifs par les plantes. Le lessivage des éléments nutritifs du sol et la libération d'aluminium toxique dus à l'acidification peuvent entraîner des carences ou des déséquilibres d'éléments nutritifs chez les plantes. Les dommages ne se limitent pas aux espèces individuelles de plantes et d'animaux, mais s'étendent, dans bien des cas, aux communautés biologiques auxquelles elles appartiennent. L'élévation des teneurs en aluminium du sol a été considérée comme l'une des causes du dépérissement des forêts en Europe et en Amérique du Nord (CCRS, 1990, 5e partie).

Les forêts

Un déclin et un dépérissement marqués des forêts se sont produits en Europe (Krause et collab., 1986) et sur la partie supérieure des versants des montagnes de l'est des États-Unis (Johnson et collab., 1986). Bon nombre d'indices portent à croire que les dépôts acides sont une cause de cette dégradation [1].

[1] En plus d'être touchées par les polluants acides, les forêts du Canada subissent les pressions exercées de façon combinée par les conditions météorologiques extrêmes, le changement climatique, les insectes, les maladies et les pratiques de récolte de l'industrie forestière. Toutes ces agressions influent sur la santé et la productivité de la forêt. Étant donné cette situation complexe, il n'a pas été possible d'établir le rôle exact de l'acidification dans le dépérissement des forêts, ni de déterminer à quels niveaux critiques de dépôts les dommages deviennent importants (CCRS, 1990, 5e partie). Cependant, la correspondance géographique du dépérissement des forêts dans les régions de dépôts acides élevés laissent supposer fortement l'existence de ces liens. Les oxydes d'azote contribuent également à la formation d'ozone dans l'air près de la surface de la Terre; à faible altitude, l'action conjuguée de l'ozone et des dépôts acides peut nuire à la végétation, notamment à la croissance des forêts.

Au Canada, 96 % des terres à capacité forestière élevée sont exposées à des dépôts acides de plus de 20 kg/ha/an (Lynch-Stewart et collab., 1987). Environ 15 millions d'hectares de forêts de feuillus et de forêts mélangées sont exposées à des niveaux élevés de dépôts de sulfate et de nitrate (CCRS, 1990, 5e partie). Au cours des dernières années, d'importants cas de dépérissement et de diminution du taux de croissance ont été observés dans les érablières (voir également le chapitre 10) de certaines parties du Canada qui reçoivent de fortes concentrations de ce genre de polluants et d'autres polluants atmosphériques comme l'ozone.

En Ontario, des symptômes majeurs de dépérissement apparaissent partout dans les forêts de feuillus, et principalement dans les régions septentrionales de la province. À l'appui de cette observation, la figure 24.9 indique les variations du taux de croissance des érablières de l'Ontario situées dans les régions de pollution élevée, moyenne et faible. Les dépérissements, plus perceptibles au cours des 30 dernières années, coïncident avec une période d'industrialisation et d'urbanisation accélérées dans une grande partie de la province. Un relevé effectué au Québec entre 1985 et 1987 sur plus de 2 millions d'hectares d'érablières a révélé les dommages suivants : 3 % de la superficie présentait des dommages graves (>25 % de défoliaison); 47 %, des dommages moyens (11–25 % de défoliaison); et 50 %, des symptômes marginaux seulement (<10 % de défoliaison). Les symptômes de dépérissement ont sensiblement augmenté chez les érables au cours des deux années de l'étude, et ce phénomène est inquiétant.

Les peuplements de bouleaux blancs dans l'est du Canada sont peut-être dans un pire état. Une étude menée dans la région de la baie de Fundy, en 1988, a révélé que presque tous les spécimens étaient touchés dans une certaine mesure, et que près de 10 % des arbres étaient déjà morts (CCRS, 1990, 5e partie). Des schémas semblables de dépérissement

ont été observés dans les peuplements de bouleaux blancs sur les rives du lac Supérieur, une autre région fréquemment sujette au brouillard acide. La contribution des polluants acides aux problèmes de santé des forêts constitue un sujet d'étude permanente pour les ministères fédéral et provinciaux des Forêts.

Les terres agricoles

Les dépôts acides modifient la chimie du sol tant des terres agricoles que des terres forestières. L'application de chaux agricole comme neutralisant est devenue une pratique courante dans de nombreuses régions de l'est du Canada. L'effet précis de l'exposition aux teneurs ambiantes en polluants acides sur le rendement des cultures est inconnu. Les travaux expérimentaux dans ce domaine se poursuivent mais, en partie à cause des interactions complexes avec d'autres polluants comme l'ozone, il n'a pas encore été possible d'établir les concentrations critiques des dépôts acides en rapport avec les dommages causés aux récoltes.

La faune terrestre

Les effets des dépôts acides sur la faune terrestre sont encore plus difficiles à évaluer. En général, ces effets se produisent de façon indirecte par suite d'une altération des habitats ou des ressources alimentaires causée par la pollution. La perte de couvert forestier, par exemple, pourrait réduire l'habitat disponible pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Des études menées en Europe ont établi que l'altération du cycle des éléments nutritifs à base de calcium dans les sols et les eaux cause des carences alimentaires et peut entraîner l'amincissement de la coquille des œufs des oiseaux et, par conséquent, un faible taux de reproduction. Au Canada, tout semble indiquer que les lichens et autres plantes absorbent et concentrent des métaux toxiques qui, à leur tour, s'accumulent dans le foie des grands ongulés comme le caribou et l'orignal. La quantité de cadmium trouvée dans le foie des orignaux est suffisamment élevée pour justifier l'interdiction ou la

FIGURE 24.7

Cycle de l'eau simplifié dans les écosystèmes terrestres et aquatiques

Du coté droit, la figure illustre le cycle naturel; du coté gauche, elle illustre les voies d'entrée des polluants dans le cycle naturel.

Source : D'après Cook et collab., 1988.

limitation de cet aliment dans la consommation humaine (CCRS, 1990, 5e partie).

Les réactions des écosystèmes aquatiques

Le Canada est doté de vastes réserves d'eau douce. Les lacs, les cours d'eau et les milieux humides couvrent environ 7,6 % de la superficie du pays, et le volume des eaux souterraines est plusieurs fois supérieur au volume des eaux de surface. Récemment, une étude des masses d'eau (Hélie et collab., 1992) a été faite par satellite pour la région du Canada qui est le plus touchée par la pollution acide, c'est-à-dire la région à l'est de la limite entre le Manitoba et l'Ontario, et au sud de 52° de latitude N. Dans cette région, plus de 775 000 masses d'eau d'une superficie supérieure à 0,18 ha ont été dénombrées [2].

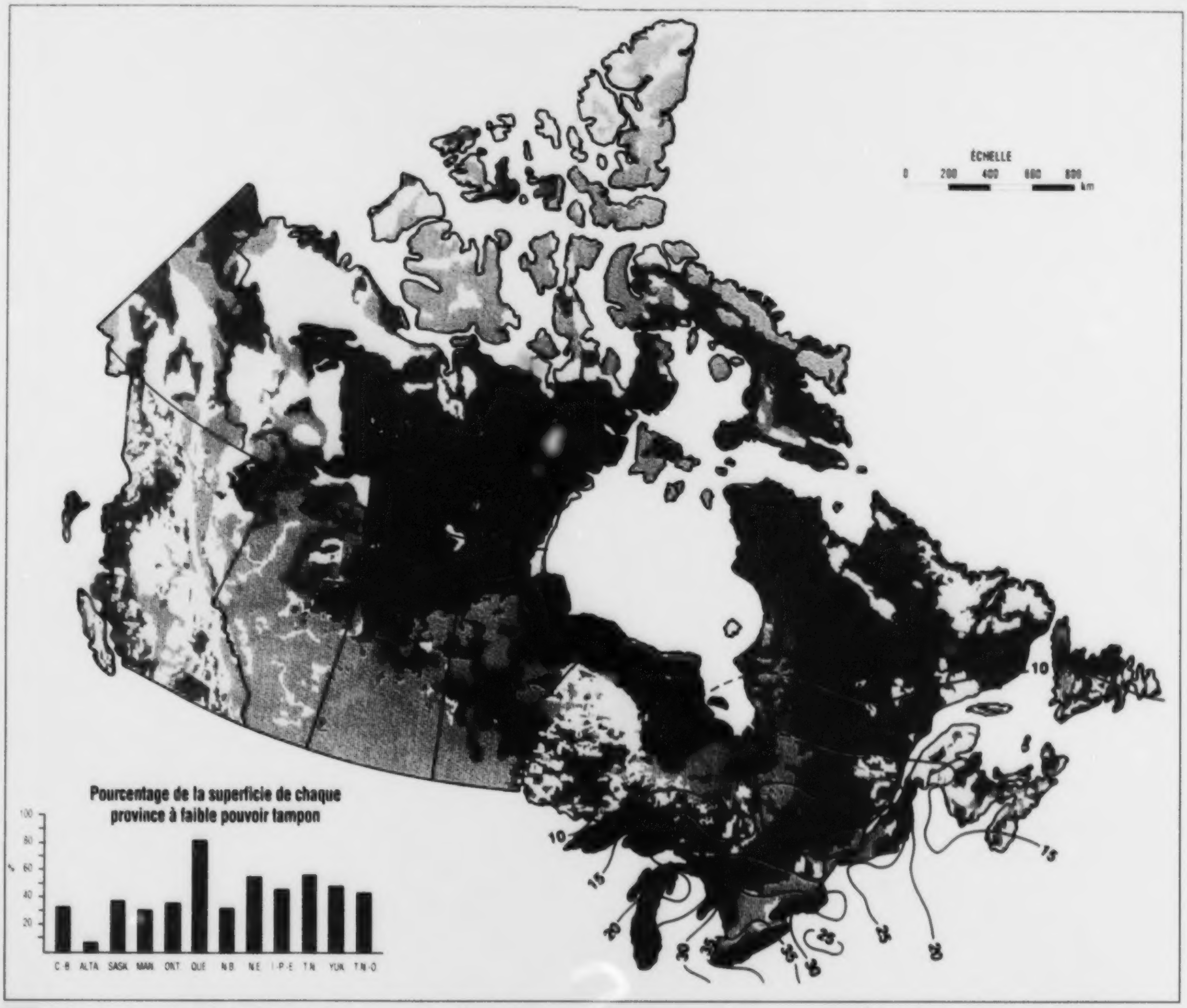
Le rassemblement et l'évaluation des données sur tous ces lacs, étangs, milieux humides et cours d'eau constituent une tâche immense : à l'heure

[2] La superficie de 54 % de ces masses d'eau était inférieure à 1 ha. Bien que ces tout petits lacs contiennent un pourcentage relativement faible des réserves totales d'eau douce de surface, ils offrent un habitat essentiel à la sauvagine et aux organismes aquatiques (McNicol et collab., 1987). Nous devons donc nous préoccuper de tout élément susceptible de perturber l'équilibre de ces écosystèmes vitaux.

FIGURE 24.8

Zones les plus vulnérables

Interprétation généralisée de la capacité des écosystèmes terrestres à réduire l'acidité des dépôts atmosphériques avant qu'ils atteignent les eaux de surface. Les zones à faible pouvoir neutralisant ont tendance à être très sensibles aux dommages causés par les dépôts acides.



Faible : Zones constituées principalement d'une roche en place non carbonatée et de sols peu profonds à texture grossière

Moyen : Zones constituées principalement d'une roche en place non carbonatée et (ou) de sols peu profonds à profonds

Élevé : Zones constituées principalement d'une roche en place carbonatée et (ou) de sols profonds à texture fine

Non évalué : Zones dominées par des tourbières

Non évalué : Zones dominées par des champs de glace et des névés permanents

Sulfate mesuré dans les précipitations, en kilogrammes par hectare, en 1980

Source : Environnement Canada, 1988.

actuelle, on a terminé l'analyse chimique d'environ 1 % seulement de toutes ces masses d'eau. Même si certaines de ces données ont été recueillies dès le début des années 1950, des relevés systématiques n'ont été effectués qu'au cours des 10 dernières années. Heureusement, cette base d'échantillonnage limitée est raisonnablement représentative de la chimie de toutes les ressources en eau, malgré la possibilité que les eaux acides et très sensibles soient sous-représentées.

La chimie de l'eau est déterminée par l'interaction des précipitations et des conditions géologiques et biologiques d'une région donnée. Les eaux de surface provenant des précipitations non polluées et s'écoulant à travers des sols

et des roches altérés avant d'atteindre les cours d'eau et les lacs contiennent des cations basiques dissous comme le calcium et le magnésium en équilibre chimique avec le bicarbonate [3]. La concentration de ces produits chimiques est essentiellement déterminée par les propriétés géologiques du bassin hydrographique. Les eaux à faible teneur en minéraux dissous sont appelées « douces », tandis que celles dont ces concentrations sont élevées sont appelées « dures ».

La majeure partie des eaux non polluées de l'est du Canada sont naturellement très douces (Groupe de travail TADPA, 1989) en raison des caractéristiques de la roche en place et des sols du Bouclier canadien. Les caractéristiques qui produisent les eaux douces définissent également les régions qui sont sensibles aux dépôts acides. À moins d'être polluées d'une autre façon, ces eaux sont presque neutres, avec un pH variant entre 6 et un peu plus de 7, et contiennent des quantités de sulfate ou de nitrate à l'état de traces seulement (CCRS, 1990, 4e partie).

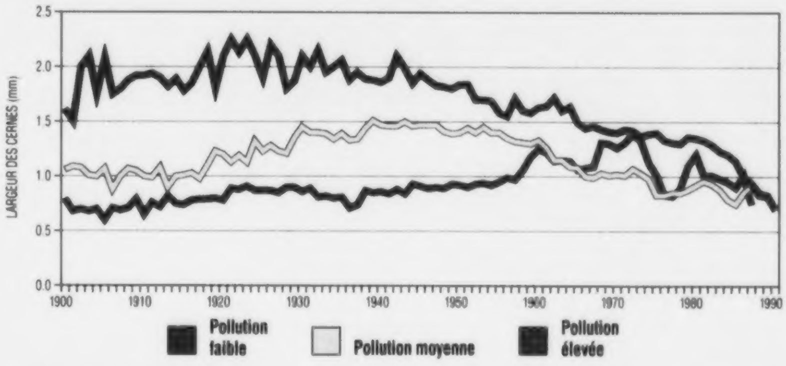
Lorsque des polluants contenant de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique sont introduits dans les eaux douces, les acides sont d'abord neutralisés ou tamponnés par le bicarbonate et, dans une certaine mesure, par la libération d'autres éléments, y compris l'aluminium. La preuve d'une acidification aussi hâtive est très facile à détecter par la perte de bicarbonate et l'apparition de sulfate dans l'eau. À cette étape, tout le nitrate qui se dépose est habituellement assimilé sous forme d'élément nutritif par les plantes. Il ne contribue directement à l'acidification de l'eau que lorsque la végétation et les autres organismes aquatiques ne peuvent plus assimiler tout le nitrate qui se dépose. Lorsque tout le bicarbonate disponible dans la masse d'eau a été épuisé, les eaux deviennent très acides, avec un pH de 5,0 ou moins. Les chercheurs peuvent mesurer le degré d'acidification d'un lac en dosant les quantités

[3] Pour une étude plus détaillée de la chimie de l'eau, nous invitons les lecteurs à consulter des textes de base comme celui de Stumm et Morgan (1970).

FIGURE 24.9

Croissance de l'érable à sucre dans les zones où les niveaux de pollution atmosphérique sont élevés, moyens et faibles, 1900–1990.

Les fluctuations d'une année à l'autre reflètent probablement des conditions climatiques variables, mais la tendance à la baisse depuis 1960 dans les zones très polluées ne fait aucun doute.



Source: CCRS, 1990, 5e partie.

relatives de bicarbonate et de sulfate dans les échantillons d'eau prélevés dans ce lac.

Pour déterminer l'ampleur de l'acidification des eaux de la partie sud-est du Canada, on a procédé à un relevé et à des analyses chimiques de plus de 8 500 lacs (CCRS,1990, 4e partie). La figure 24.10 résume la répartition géographique des eaux selon les quantités relatives de bicarbonate et de sulfate. Dans les régions où le rapport bicarbonate–sulfate est inférieur à une partie de bicarbonate pour une partie de sulfate (représenté sur la figure par 1,0), les eaux subissent une grave acidification. Si ce rapport est de 1:5 (exprimé par 0,2) ou moins, on peut s'attendre à trouver dans ces régions de nombreuses masses d'eau acidifiées ayant un pH inférieur à 5. Comme il est indiqué sur la carte, de grandes parties de l'Ontario, du Québec et des provinces de l'Atlantique entrent dans ces catégories.

Outre le processus d'acidification à long terme, des événements à court terme peuvent avoir de graves conséquences sur les petites masses d'eau. Dans une grande partie du Canada, un fort pourcentage des précipitations annuelles totales tombent sous forme de neige ou de violents orages de pluie. La fonte soudaine des neiges au printemps et les eaux de ruissellement des gros orages peuvent introduire, en très peu de temps, de grandes quantités de polluants acides dans le réseau des eaux de surface, entraînant des afflux massifs d'acidité accrue dans les cours d'eau et les lacs locaux. À l'occasion, ces afflux temporaires ou « chocs acides » ont tué un grand nombre de poissons (Marmorek et collab., 1987) avant que l'apport soudain d'acidité puisse être tamponné. Étant donné que l'acidité sous cette forme n'a pas le temps d'être assimilée graduellement par le milieu naturel, elle suscite des préoccupations particulières, même dans les régions où l'acidification à long terme n'a pas encore atteint des niveaux normalement considérés comme graves.

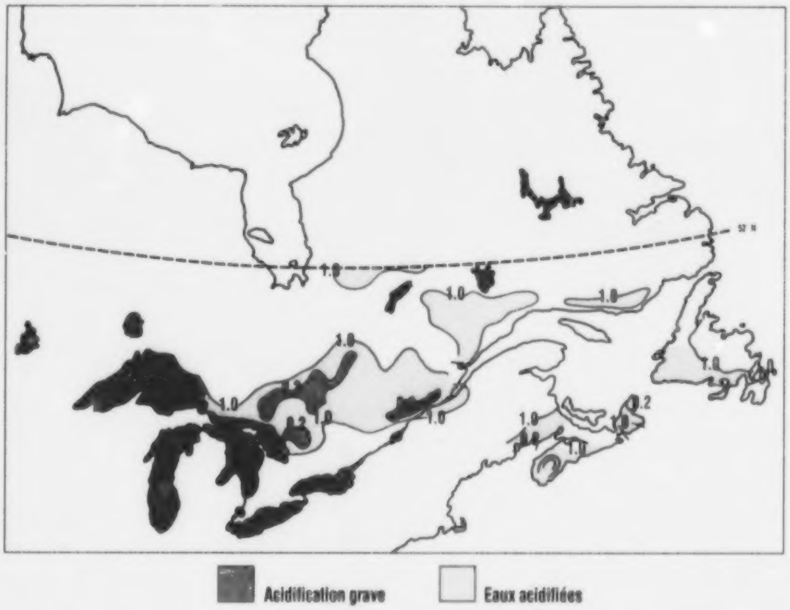
Les organismes aquatiques

Les changements dans la flore et la faune des écosystèmes aquatiques sont souvent les premiers indicateurs — et les indicateurs les plus directs — de l'acidification des lacs de l'est du Canada. Les interactions entre les organismes et la chimie de leur habitat aquatique sont extrêmement complexes. Si la population d'une espèce

FIGURE 24.10

Acidification des eaux de surface dans l'est du Canada

Les chiffres représentent le rapport bicarbonate–sulfate dans les lacs testés. Lorsque la valeur est inférieure à 1,0 (rapport de 1:1), les eaux subissent une acidification grave.



Source : Jeffries, 1991.

ou d'un groupe d'espèces augmente ou diminue par réaction à l'acidification, l'écosystème de toute la masse d'eau est alors susceptible d'être touché. Les réactions des organismes aux agressions comme l'acidification ont été appelées « relations dose–effet » (en d'autres termes, une dose donnée d'un polluant acidifiant entraîne une certaine réaction).

En entraînant des changements directs chez un élément de la chaîne alimentaire d'un écosystème, l'acidification peut modifier indirectement les rapports prédateur–proie dans tout l'écosystème. Ces effets indirects rendent difficile l'évaluation exacte des dommages biologiques, car il est nécessaire de connaître quels effets sont causés directement par la pollution acide pour tirer des conclusions fiables. Avant qu'une réaction biologique majeure comme la perte d'un stock donné de poissons soit devenue évidente, l'écosystème aquatique peut déjà avoir subi de graves dommages.

Les connaissances permettant d'établir un lien entre les réactions biologiques et l'acidification de l'habitat ont été acquises à partir d'expériences à échelle réduite en laboratoire, d'expériences sur des écosystèmes complets et au cours desquelles des lacs entiers étaient acidifiés artificiellement, et de programmes de relevés et de surveillance à grande échelle sur le terrain. La combinaison de ces sources d'information nous a permis de comprendre de façon plus précise les effets de l'acidification sur les organismes aquatiques (CCRS, 1990, 4e partie).

Au début, les effets peuvent être presque imperceptibles, mais au fur et à mesure que l'acidité augmente, un nombre de plus en plus élevé d'espèces de plantes et d'animaux diminue ou disparaît (voir la figure 24.1). Les crustacés, les écrevisses, les éphémères et certaines espèces d'algues et de zooplancton commencent à disparaître lorsque le pH approche de 6,0, mais la plupart des poissons ne sont pas encore touchés directement. Lorsque le pH passe de 6,0 à 5,0, des changements majeurs s'opèrent dans la composition de la communauté planctonique, avec le risque de pertes progressives de populations de poissons, les espèces les plus recherchées étant généralement les moins tolérantes à l'acidité. La diminution des populations de poissons commence souvent par des échecs de la reproduction, laissant un stock en baisse et constitué d'individus vieillissants; lorsque ces poissons meurent, leur disparition donne l'impression d'un désastre subit, même si la séquence des événements qui ont entraîné cette disparition a commencé depuis longtemps. À ce stade d'abaissement du pH, des espèces moins désirables de mousses et de plancton commencent à envahir l'écosystème. Lorsque le pH tombe en dessous de 5,0, l'eau est en grande partie dépourvue de poissons, le fond est couvert de matière non décomposée, et les zones précôtières peuvent être dominées par les mousses. Le lac, autrefois riche en espèces, est graduellement devenu un écosystème appauvri et malade.

Bien que la plupart des amphibiens comme les grenouilles et les salamandres passent la majeure partie de leur cycle biologique sur la terre ferme, ils sont essentiellement tributaires des étangs temporaires pour leur reproduction. Ces petites masses d'eau temporaires sont très vulnérables aux « chocs acides » associés aux orages et à la fonte des neiges. Plusieurs études ont montré que la reproduction des amphibiens est gravement limitée lorsque l'acidité de leur habitat atteint un pH inférieur à 5,0 (CCRS, 1990, 4e partie).

Jusqu'à présent, rien n'indique que les oiseaux aquatiques sont directement touchés par l'acidification. Cependant, si l'acidification de leur habitat devait réduire leur approvisionnement en nourriture (poissons, invertébrés ou plantes) ou entraîner des concentrations élevées de métaux toxiques dans leur

alimentation, ils pourraient en subir les effets. Les invertébrés qui fournissent généralement le calcium aux femelles qui pondent des œufs et à leurs petits en pleine croissance sont parmi les premières espèces à disparaître avec l'acidification des lacs. À mesure que ces sources alimentaires sont réduites ou éliminées, la qualité de l'habitat diminue et le succès de la reproduction chez les oiseaux est menacé. Des études sur le terrain ont prouvé que le huart à collier élève un moins grand nombre de petits, ou n'en élève aucun, dans des lacs acidifiés où les populations de poissons ont été réduites (Alvo et collab., 1988; Wayland et McNicol, 1990). Par contre, il existe certains cas isolés où l'approvisionnement en nourriture des oiseaux augmente lorsque certaines espèces concurrentes disparaissent. Le garrot à œil d'or, une espèce de canard qui nidifie près des lacs et des rivières en terrain boisé, sera mieux en mesure de se nourrir d'insectes si la compétition des poissons a été éliminée. En raison de ces variations, les influences collectives de l'acidification sur les populations d'oiseaux sont difficiles à quantifier. Cependant, l'acidification demeure généralement une menace continuelle pour les espèces de sauvagine qui dépendent d'un écosystème aquatique sain pour se reproduire et élever leurs petits dans des milliers de lacs du sud-est du Canada (CCRS, 1990, 4e partie).

Les réactions de l'être humain

Les acides contenus dans la pluie ou la neige n'ont pas été observés en concentrations qui pourraient présenter un risque direct pour les humains. Les personnes respirent cependant les polluants acides en suspension dans l'air sous forme de particules ou de gaz. Tout porte à croire que cette exposition aux oxydes de soufre et aux oxydes d'azote peut irriter les voies respiratoires et, par conséquent, altérer la fonction pulmonaire et aggraver les infections respiratoires comme la bronchite et l'asthme.

Les humains peuvent également être touchés indirectement par l'exposition à des concentrations accrues de métaux toxiques dans l'eau potable et les aliments. Comme nous l'avons déjà indiqué, ces concentrations plus élevées de métaux toxiques sont dues aux dépôts de polluants acides dans les sources d'eau, au lessivage accru des métaux contenus dans le sol et les sédiments lacustres, et à la corrosion des conduites d'eau.

Des preuves sur les liens qui existent entre la pollution acide et la santé ont été établies à partir d'études épidémiologiques de populations humaines exposées, d'études sur des volontaires et d'expériences sur des animaux (CCRS, 1990, 6e partie). Par exemple, lorsque les niveaux de pollution atmosphérique dans le sud-ouest de l'Ontario ont été comparés aux admissions dans les hôpitaux de cette même région, on a trouvé des associations positives entre les maladies respiratoires d'une part et les fortes teneurs en sulfate et en ozone ainsi que les températures élevées d'autre part (Bates et Sizto, 1989). Des jeunes filles qui fréquentaient un camp d'été dans le sud de l'Ontario ont montré des signes d'affaiblissement de la fonction pulmonaire, et ces signes ont pu être corrélés avec des épisodes de pollution atmosphérique acide.

Dans une autre étude, la fonction pulmonaire d'enfants âgés de 7 à 12 ans a été examinée à Tillsonburg (Ontario), une région de forte pollution acide, et à Portage-la-Prairie (Manitoba), où la pollution atmosphérique acide n'est pas élevée. La capacité pulmonaire était diminuée d'environ 2 % dans la collectivité la plus polluée (Stern et collab., 1989). Dans une étude subséquente de 10 villes canadiennes présentant différents niveaux de pollution, on a observé une réduction semblable d'environ 2 % de la fonction pulmonaire chez les populations des villes où les taux de pollution atmosphérique étaient plus élevés. La différence semble être due au sulfate acide, bien que l'on ait déjà observé des réactions semblables à des teneurs élevées en ozone.

Comme les autres animaux, les humains peuvent être touchés par l'entrée de polluants à d'autres points de la chaîne alimentaire. Par exemple, des concentrations élevées de mercure, un élément toxique pour les humains lorsqu'il est ingéré, ont été relevées dans le poisson pêché dans des eaux acidifiées. Le mercure peut être déposé par transport atmosphérique direct ou il peut avoir été libéré de sources environnementales locales par l'acidification des eaux (Meger, 1986).

L'aluminium qui est lessivé des sols par l'acidification et qui apparaît par la suite en concentrations accrues dans l'eau et les aliments a été relié par certains chercheurs à la maladie d'Alzheimer (Jackson et Huang, 1983). Cependant, d'autres études récentes signalées par Foncin en 1987 n'ont établi aucune influence environnementale sur l'incidence de la maladie d'Alzheimer. Donc, bien que cette association reste un thème de préoccupation constante, il faudra faire d'autres recherches afin de savoir si cette maladie est un effet indirect de l'acidification.

Il a été établi qu'une concentration accrue d'aluminium libre est associée à l'acidification; toutefois, des concentrations élevées d'autres métaux ont également été observées dans l'eau potable et ce phénomène serait apparemment attribuable à l'effet corrosif de l'eau acidifiée sur les systèmes de plomberie (Meranger et Kahn, 1983). Les teneurs en cadmium et en plomb, deux métaux très toxiques, peuvent être plus élevées que les teneurs admissibles lorsque l'eau provenant de sources acidifiées reste plusieurs heures dans les tuyaux. Le fait de purger les tuyaux en laissant le robinet ouvert avant d'utiliser l'eau pour s'abreuver ou pour faire la cuisson constitue un moyen efficace d'éviter les risques pour la santé dans de tels cas. Dans les réseaux d'approvisionnement en eau des villes, le problème des concentrations métalliques élevées est généralement réglé par l'ajustement du pH de l'eau à la station municipale de traitement de l'eau. Dans certaines régions rurales ou certains lotissements de chalets, où l'eau peut être puisée directement dans des sources acidifiées, la solution du problème dépend des efforts de chacun. Il peut se révéler

FIGURE 24.11

Corrosion d'un ouvrage du patrimoine national

Le calcaire et le grès sont particulièrement vulnérables aux effets de la pollution acide. Cet ornement figuratif allemand, fait de grès, a été photographié en 1908 (à gauche) et en 1969 (à droite).

Source : Persson, 1982.

nécessaire d'installer des dispositifs de filtration adéquats ou, dans les cas de contamination par le système de plomberie, de purger le système d'approvisionnement en eau pour en éliminer les contaminants accumulés.

LES RÉPERCUSSIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE L'ACIDIFICATION

Parmi tous les effets écologiques des dépôts acides mentionnés dans la section précédente, les rapports les mieux compris ont trait aux eaux de surface. Les connaissances actuelles permettent aux scientifiques de prévoir les répercussions de niveaux donnés de pollution sur le biote des eaux de surface, et de telles prévisions ont déjà été établies pour des populations de poissons. Jusqu'à maintenant, la plupart des chercheurs ont calculé les coûts sociaux et économiques des dépôts acides d'après les prévisions des dommages aux populations de poissons. Les effets de l'acidification dans d'autres secteurs comme l'agriculture, la foresterie et la santé sont moins directs, même si les preuves de l'existence d'un tel lien sont fortes. Les études qui se poursuivent permettront de mesurer de façon plus précise les coûts socio-économiques des effets des dépôts acides sur ces ressources. Ces coûts sont incontestablement élevés dans ces domaines également et justifient encore plus la pertinence des mesures correctives comme la réduction des émissions, même en l'absence de liens précis de cause à effet.

Les dommages causés aux écosystèmes naturels (et aux industries des ressources connexes) constituent la principale menace des dépôts acides, mais d'autres valeurs, y compris des valeurs symboliques, sont également menacées. Les dommages causés par les dépôts acides aux érablières portent atteinte à la feuille d'érable, l'emblème national du Canada. La disparition du huart à collier des lacs acidifiés représente un appauvrissement de la faune canadienne, même pour les citadins qui n'ont peut-être jamais entendu son cri étrange. La corrosion des immeubles, des ouvrages et des monuments du patrimoine représente une érosion de l'identité culturelle, qui peut surpasser en importance les coûts de réparation ou de remplacement de ces éléments. Et le tribut que la pollution acide exige des êtres humains ne se limite pas à la diminution du bien-être physique; il comprend également les atteintes au moral des collectivités et des particuliers qui sont conscients non seulement de la dégradation générale de la qualité de l'air, des aliments et de l'eau mais également du danger que présente la consommation de certains aliments, même dans les régions sauvages éloignées. Les torts causés au bien-être des collectivités vivant en bordure des lacs des régions éloignées et essentiellement tributaires des populations saines de poissons pour leur subsistance et leurs revenus sont particulièrement graves.

Les effets de l'acidification sur les immeubles, les monuments et les matériaux

Tous les matériaux utilisés dans les ouvrages artificiels sont sujets à la détérioration par usure normale. Cependant, comme l'illustre la figure 24.11, la détérioration s'est accélérée considérablement depuis l'apparition de la pollution industrielle (Amoroso et Fassina, 1983). Ces dommages sont maintenant importants sur de nombreux sites du patrimoine canadien, dont celui des édifices du Parlement fédéral où même la sculpture en bronze du Canada porte des marques d'érosion et de piqûre (Weaver, 1985, 1987).

Le Conseil national de recherches (Gibbons, 1970) a fourni les premières preuves que les niveaux de « corrosivité » étaient étroitement corrélés avec les teneurs en polluants à base de soufre. La corrosion est grandement influencée par l'orientation ou le type de l'exposition par rapport aux vents et aux conditions atmosphériques, et par d'autres

facteurs comme la fréquence et la durée des précipitations. Toutefois, les dioxydes de soufre ont été spécifiquement liés à la vitesse de détérioration des matériaux de construction (Kucera, 1983). Les travaux de recherche visant à établir des mesures quantitatives de ces rapports approchent de l'étape du compte rendu aux États-Unis et en Grande-Bretagne (Building Research Establishment, 1990; National Acid Precipitation Assessment Program, 1990).

On a mis au point des matériaux de construction modernes pouvant retarder une telle détérioration. Cependant, un grand nombre des édifices historiques et des statues qui constituent notre patrimoine culturel sont faits en pierre, en brique et en maçonnerie. Les réactions des solutions à base de soufre sur les surfaces et dans les structures poreuses de ces matériaux accélèrent l'érosion, l'éclatement, le fissurage et la décoloration. Même si l'absence générale de mesures à long terme a empêché l'établissement de rapports précis, il est maintenant reconnu que les polluants acides sont la cause de l'accélération de la dégradation des ouvrages historiques.

D'importants travaux de réparation et de restauration ont été nécessaires pour inverser la détérioration avancée de nombreux édifices du patrimoine canadien, notamment la galerie d'art de la Nouvelle-Écosse (l'ancien immeuble du gouvernement fédéral), la Cour provinciale de la ville de Québec, le Centre de communication de Bell Canada à Montréal, la cathédrale St. James à Toronto, l'église St. Paul à Hamilton et, dans une moindre mesure, la Banque de Montréal à Winnipeg (M. Weaver, expert-conseil en conservation, comm. pers.).

Les coûts économiques de l'acidification

Les pertes économiques sont généralement exprimées en dollars et sont associées aux cas dont la valeur peut être déterminée. Même si des coûts peuvent être imputés à certains des effets dont il a été question jusqu'à présent, un grand nombre d'entre eux échappent à ce genre d'interprétation. Quelle est la valeur réelle du poisson qui vit dans un lac si éloigné qu'il ne sera probablement jamais attiré par les leurres d'un pêcheur à la ligne? Comment peut-on attribuer un prix au plaisir que l'on éprouve à écouter le chant d'un oiseau ou à se promener dans une forêt en santé?

Les dommages causés par l'acidification aux pêches récréatives constituent l'une des pertes les plus évidentes et les plus faciles à mesurer. Bien que la méthode d'évaluation reste imprécise, en 1985, environ 3 millions de Canadiens et 680 000 non-résidants ont consacré plus de 57 millions de jours à la pêche à la ligne dans l'est du Canada. D'après les mesures actuelles de réduction des émissions, les analystes prévoient que le nombre de jours consacrés à la pêche sportive augmentera de 5,2 millions chaque année grâce à l'amélioration de la qualité de la pêche au cours de la période de 1986 à 2015. Si chaque jour consacré à la pêche à la ligne est évalué à 73 $ en dépenses directes et en investissements connexes, on prévoit que, par suite des mesures de réduction des émissions et des dépôts acides, ces dépenses connaîtront une augmentation annuelle directe de 380 millions de dollars, selon une estimation pondérée sur 30 ans (DPA Group Inc., 1987).

Prenons un autre exemple. On n'a pas encore trouvé la façon d'évaluer exactement le coût de l'acidification dans le secteur de l'industrie forestière du Canada. Les effets signalés jusqu'à présent dans la documentation auraient été causés par des agressions multiples. En l'absence de rapports très bien compris, on a calculé une valeur économique hypothétique pour la perte de croissance des forêts, en supposant que les régions forestières sujettes aux dépôts acides subiraient une réduction moyenne de croissance de 5 % (Crocker et Forster, 1986). Si elle se perpétue d'année en année, une telle réduction de la croissance représenterait, une fois convertie en récolte admissible de bois, une perte économique annuelle possible d'environ 197 millions de dollars. Les pertes autres que celles calculées pour le bois de construction, notamment les pertes de production de sirop d'érable, la perturbation des loisirs en forêt ou encore la perte d'habitats fauniques, n'ont pas été évaluées. En 1987, l'industrie forestière canadienne a contribué pour 20 milliards de dollars à l'économie canadienne. Par conséquent, même une diminution de 1 ou 2 % du rendement annuel représenterait une entrave sérieuse aux efforts de l'industrie visant à accroître la production (CCRS, 1990, 5e partie).

Comme il a déjà été mentionné, les estimations des dommages causés aux ouvrages du patrimoine doivent, dans une large mesure, être exprimées en termes de valeurs culturelles. Il est difficile d'attribuer une valeur vénale à une pierre tombale ancestrale, à des pétroglyphes autochtones inscrits sur le front d'une falaise qui n'a pas encore été explorée ou à la façade en pierre taillée des édifices parlementaires. Cependant, les coûts annuels additionnels pour l'entretien extérieur (la peinture, p. ex.) des immeubles endommagés par les dépôts acides partout au Canada ont été évalués à environ 830 millions de dollars (Weaver, 1985). Ce chiffre ne comprend pas les dommages causés aux structures sous-jacentes, qui sont probablement beaucoup plus importants quoique plus difficiles à évaluer.

Les coûts relatifs aux soins de santé dus à l'exposition aux polluants acides ne peuvent être isolés des effets globaux de la pollution atmosphérique. Il a été établi que l'exposition aux sulfates entraîne des troubles de la fonction pulmonaire plus graves que d'autres agents atmosphériques polluants. La réduction de 2 % de la fonction pulmonaire qui a été observée chez les écoliers exposés à des niveaux accrus de pollution peut s'accumuler pendant toute une vie et atteindre 20 % avec l'âge (Berkey et collab., 1986). Les admissions dans les hôpitaux de personnes souffrant de maladies respiratoires ont été liées à l'exposition accrue aux polluants atmosphériques (Bates et Sizto, 1989). Bien que l'impact économique global de ces effets sur la santé n'ait pas été établi, l'effet combiné des dépenses

médicales directes et des pertes indirectes en temps de travail et en productivité doivent être considérables.

Les coûts économiques de la lutte contre les émissions

La stratégie de lutte proposée comprend une réduction du flux transfrontière du dioxyde de soufre provenant des États-Unis; toutefois, on ne considérera ici que les coûts de l'application des mesures de lutte au Canada. Les coûts de la réduction (volontaire et réglementée) des émissions de soufre ont été évalués pour deux catégories : la fusion des minerais sulfurifères et la combustion de combustibles fossiles sulfurifères dans les centrales thermoélectriques. L'objectif le plus important en matière de réduction des émissions des centrales thermoélectriques a été assigné à l'Ontario Hydro, bien que certaines réductions aient également été imposées aux commissions d'électricité de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick.

En ce qui a trait à l'Ontario Hydro, l'objectif consiste à réduire les émissions de gaz acides (oxydes de soufre et oxydes d'azote), qui s'élevaient à 462 000 t en 1980, à 215 000 tonnes d'ici 1994. Le coût estimatif de cette réduction est 2,46 milliards de dollars. Pour les consommateurs, cela entraînera une augmentation moyenne des tarifs de l'électricité d'environ 2,8 % par année entre 1990 et la fin du siècle. Si une certaine partie des techniques nécessaires pour réduire les émissions étaient mises au point et achetées au Canada, une partie de ces coûts directs pourrait être recouvrée par les autres secteurs de l'économie. Ces avantages indirects n'ont pas été évalués (Ontario Hydro, 1989). Les coûts des réductions imposées aux commissions d'électricité du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse en matière d'émissions ont été évalués à 210 millions de dollars et à 590 millions de dollars, respectivement.

Les objectifs en matière de réduction des émissions pour la fusion des minerais sulfureux ont été établis pour cinq grandes compagnies installées au Manitoba, en Ontario et au Québec. Les plans techniques permettant d'atteindre ces réductions sont différents selon l'exploitation touchée (voir l'encadré). Les investissements estimatifs nécessaires pour les modifications des fonderies et les dépenses connexes s'élèvent à 827 millions de dollars. Du côté des avantages, ces mesures de lutte entraîneraient une amélioration du rendement, ce qui, avec la récupération d'acide sulfurique évaluée à 2 millions de dollars par année, permettrait le remboursement des investissements en quelques années. On peut s'attendre aussi à un certain ajustement de la main-d'œuvre (Falconbridge Ltd., 1988; Inco Ltd., 1988).

COMMENT RÉSOUDRE LE PROBLÈME DE L'ACIDIFICATION

La sensibilisation et l'appui du public

Depuis 1978, les gouvernements fédéral et provinciaux ont financé la recherche visant à enrichir les connaissances et à améliorer la gestion en matière d'acidification de l'environnement. Les principales initiatives en matière de recherche ont été l'Étude des précipitations acides en Ontario (ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1978), et le programme fédéral du TADPA (Transport à distance des polluants atmosphériques, 1978). Ces programmes et d'autres du même genre ont donné le coup d'envoi des études dans ce domaine et appuyé la poursuite et l'élargissement des recherches universitaires. Les objectifs du programme fédéral du TADPA consistaient : a) à déterminer l'état de l'environnement dans l'est du Canada avant que les émissions provenant de la combustion du charbon en Amérique du Nord n'aient d'effets sur le milieu; et b) à comprendre de façon précise le phénomène et les effets du transport à distance des polluants atmosphériques provenant du Canada et de l'extérieur du Canada, y compris leur étendue géographique, leur gravité et leurs coûts socio-économiques.

Au cours de cette période de développement rapide des programmes, le public a été sensibilisé davantage au problème des dépôts acides par des colloques, des publications, des articles scientifiques, des communiqués et les groupes de défense d'intérêt public qui ont vu le jour (Brydges, 1987). Le Sierra Club of Ontario, conjointement avec d'autres groupes d'intérêt public, a parrainé un séminaire sur les précipitations acides dont le programme approfondi a fait l'objet d'une excellente campagne publicitaire (Action Seminar on Acid Precipitation, 1979). Également au cours de cette période, des pourparlers ont été amorcés avec les États-Unis en vue de la formation du Groupe consultatif de recherche États-Unis–Canada sur le TADPA. La première réunion de ce groupe international s'est tenue en juillet 1978, et le premier rapport international a été publié conjointement en octobre 1979 (Groupe consultatif de recherche États-Unis–Canada, 1979).

Grâce à l'interaction entre les scientifiques, les gouvernements et le public, des programmes interdisciplinaires ont été mis au point, avec la participation de divers ministères et différents paliers de gouvernement, tant au Canada qu'aux États-Unis. La voie était ouverte à la cueillette des renseignements nécessaires à l'élaboration de politiques sur la façon de traiter le problème des dépôts acides et d'y remédier à l'échelle du continent.

L'élaboration d'une politique de gestion

Le 5 août 1980, les gouvernements du Canada et des États-Unis signaient un Mémorandum déclaratif d'intention afin de mettre au point une entente bilatérale sur la pollution atmosphérique transfrontière englobant notamment le problème déjà grave des précipitations acides. Des groupes de

travail bilatéraux ont été chargés de jeter les bases scientifiques d'une telle entente. À partir des informations disponibles, ces groupes ont fourni des rapports complets sur tous les aspects de ce problème particulier de pollution, depuis les sources d'émissions, le transport atmosphérique et les dépôts jusqu'aux facteurs socio-économiques et aux effets sur l'environnement et la santé.

L'information était suffisante pour établir que de vastes régions de l'Amérique du Nord étaient sensibles à l'acidification et que le transport et les dépôts de polluants acides se produisaient dans un grand nombre de ces mêmes régions sensibles. Le dioxyde de soufre était reconnu comme le principal agent acidifiant, mais les teneurs en oxydes d'azote étaient considérées comme préoccupantes dans certains cas. Il était néanmoins impossible de prouver l'existence de liens tangibles de cause à effet pour toutes les ressources soulevant des préoccupations dans les régions touchées, et de prévoir les effets précis de concentrations données de dépôts de soufre sur l'environnement. Ce n'est que dans le cas des ressources en eau que les rapports étaient concluants, et ce sont ces rapports qui ont été utilisés pour établir les critères environnementaux nécessaires aux politiques de lutte contre les émissions atmosphériques. Les autorités compétentes des États-Unis n'étaient pas unanimes, même en ce qui concernait l'eau (États-Unis–Canada, 1983). Elles étaient d'avis que la quantité limitée d'information alors disponible restreignait le degré de confiance qui permettrait d'établir un rapport réel. Au Canada, des mesures de gestion ont toutefois été proposées à partir de l'hypothèse qu'il serait possible de faire des corrections ultérieures, à mesure que de nouvelles informations deviendraient disponibles.

Ainsi, d'après les meilleures informations existantes sur la relation dose–effet, une « charge cible » a été proposée pour le sulfate dans le rapport bilatéral (États-Unis–Canada, 1983). Une charge cible de 15–20 kg/ha/an (mesurée en sulfate humide) permettrait de maintenir le pH des eaux de surface à une valeur supérieure à 5,3 sur une base moyenne annuelle. On a reconnu que cette charge ne protégerait que les eaux dotées au moins d'un pouvoir moyen[4] de neutralisation de l'acide. La notion de charge cible n'a pas été fondée sur le principe que tous les dommages pourraient être évités; on a plutôt reconnu que certains dommages seraient causés à l'écosystème, mais que cette démarche permettrait au moins d'élaborer une stratégie de lutte partielle pendant que les scientifiques accumulent des informations plus

ENCADRÉ 24.1

Des signes de progrès

Après avoir accepté la décision fondamentale touchant la réduction des émissions acides, certains des plus gros producteurs canadiens de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote ont fait preuve d'une rapidité et d'une efficacité louables dans l'application des mesures de lutte.

Les centrales électriques de l'Ontario Hydro alimentées au charbon émettent actuellement environ 15 % de toutes les émissions de gaz acides de l'Ontario, soit 1 % du total nord-américain. Au cours des années 1970, la demande en électricité était en hausse, tout comme les émissions de gaz acides des centrales; ces émissions atteignaient un sommet de 531 000 t en 1982, année où le gouvernement de l'Ontario a commencé à imposer des limites annuelles en matière d'émissions. En 1990, l'Ontario Hydro avait réduit ses émissions annuelles totales à 245 000 t, une baisse de plus de 50 % en huit ans. La continuité de ces progrès est garantie par l'imposition d'une limite annuelle de 280 000 t établie par la province pour les années 1990–1993, et de 215 000 t à compter de 1994.

L'Ontario Hydro décrit sa stratégie de dépollution comme étant une gamme de mesures liées à la demande et à l'offre et appliquées selon les besoins à l'endroit et au moment voulus (D.B. Curtis, Ontario Hydro, comm. pers.). Du côté de la demande, l'Ontario Hydro a fait appel à des programmes d'information, à des stimulants visant à rendre la consommation d'électricité plus efficace et à d'autres mesures touchant la quantité et le moment de la demande d'électricité de la part des consommateurs. Du côté de l'offre, il a réduit son utilisation de charbon en tant que source d'énergie et s'est tourné vers des techniques de production hydraulique et nucléaire. Dans les installations existantes alimentées au charbon, il utilise des combustibles à faible teneur en soufre et s'est engagé à installer des dépoussiéreurs. L'Ontario Hydro examine également des méthodes et des techniques qui permettront de diminuer davantage la production de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote.

Outre la production de thermoélectricité, l'autre grand procédé industriel à l'origine de la pollution atmosphérique acide est la fusion des métaux. Deux des principales compagnies minières et métallurgiques canadiennes, Inco Limited et Noranda Inc., ont grandement amélioré leur dossier pollution au cours des dernières années.

Inco Limited est reconnu depuis longtemps comme le géant des producteurs industriels d'émissions de dioxyde de soufre. En 1969, son usine de Copper Cliff, près de Sudbury (Ontario), émettait du dioxyde de soufre dans l'atmosphère au rythme de 5 500 t par jour, soit environ 2 millions de tonnes par an. Depuis lors, les initiatives positives de la compagnie et la réglementation des émissions a permis de réduire les émissions annuelles à 685 000 t.

Afin de se conformer aux limites réglementaires futures, la compagnie Inco a élaboré des programmes qui lui permettront de réduire ses émissions de dioxyde de soufre à 265 000 t par an d'ici 1994, et elle étudie la possibilité de diminuer encore plus ses émissions dans les années à venir (E. Kustar, Inco, comm. pers.).

En 1980, la fonderie de cuivre de Noranda Minerals à Rouyn-Noranda (Québec) émettait un peu plus de 550 000 t de dioxyde de soufre par an. En 1987, Noranda, le gouvernement fédéral et la province de Québec ont signé une entente selon laquelle la compagnie Noranda devrait réduire ses émissions de dioxyde de soufre de 50 % pour l'année 1990. L'extraction de l'acide sulfurique, de nouvelles techniques de fusion et le remplacement d'une partie des concentrés de minerai à haute teneur en soufre par des métaux recyclés ont tous contribué à l'atteinte de cet objectif. La compagnie Noranda s'est en outre engagée à réduire de 90 %, d'ici l'an 2000, ses émissions de dioxyde de soufre par rapport aux niveaux de 1980, tout en conservant sa capacité établie de fusion (D. Coffin, Noranda, comm. pers.).

[4] Concentration de cations basiques supérieure à 200 μEq/L.

nombreuses et de meilleure qualité. On pourrait finalement proposer une valeur de charge cible plus globale et plus sûre du point de vue scientifique.

Le degré de confiance accordé à l'information disponible en 1983 était insuffisant pour convaincre les décideurs des États-Unis. Des programmes de recherche et de surveillance se sont poursuivis dans les deux pays. Les derniers rapports d'évaluation de ces programmes sont maintenant publiés et les premières versions ont été examinées lors de la préparation de ce chapitre (CCRS, 1990). Les nouvelles informations ont amélioré le degré de confiance dans les modèles de simulation dose–effet et dans leurs capacités prévisionnelles.

Les stratégies de lutte

L'une des premières tâches entourant l'élaboration des stratégies de lutte a été l'élaboration de moyens visant à réduire les dommages à un niveau acceptable. La définition du terme « acceptabilité » dans ce contexte a posé un véritable défi, étant donné que cette notion dépend aussi bien de facteurs économiques et techniques que de préoccupations environnementales. Trois options de lutte et d'atténuation ont reçu une attention particulière :

1. la réduction des dépôts acides par la réduction des émissions des polluants acidifiants;

2. la diminution de la sensibilité à l'acidification par l'addition de substances basiques aux écosystèmes (c.-à-d. le chaulage); et

3. la réduction des dommages biologiques par l'introduction d'espèces floristiques et fauniques résistantes aux acides.

La deuxième option a été appliquée sur une vaste échelle en Suède (Persson, 1982) et sur une base expérimentale au Canada (CCRS, 1990, 4^e^ partie). Cette forme d'atténuation a été rejetée parce qu'elle n'était pas faisable techniquement et qu'elle n'offrait pas de solution permanente. En ce qui a trait à la troisième option, il n'existe qu'un très petit nombre d'espèces résistantes. La réduction de l'acidification par la réduction des émissions a donc été considérée comme étant la stratégie la plus viable (États-Unis–Canada, 1983).

La mise en application d'une stratégie de lutte contre les émissions exigeait la détermination d'un niveau cible de pollution comme objectif du plan. Ce niveau, ou charge cible, était basé sur une évaluation réaliste de la faisabilité technique, des coûts économiques et politiques et des dommages à l'environnement. Par contre, une « charge critique » a été définie comme étant « la charge la plus élevée qui ne causera pas de changements chimiques entraînant des effets dommageables à long terme sur la plupart des écosystèmes sensibles » (Nilsson, 1986). Un objectif de politique intégrant une charge cible sera souvent, en raison d'une nécessité pratique, moins rigoureux que la charge critique. Certaines possibilités de dommages à l'environnement seront souvent prévues. Tout en reconnaissant que les écosystèmes les plus sensibles ne seront pas protégés, le Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement (1983) a établi la charge cible à 20 kg/ha/an pour la stratégie canadienne de lutte contre le dioxyde de soufre.

Une fois cet objectif établi, les connaissances actuelles des processus de transport atmosphérique ont été appliquées à l'évaluation quantitative de la réduction des émissions qu'il serait nécessaire d'appliquer. Les concentrations des dépôts de sulfate acide de 1980 (atteignant 40 kg/ha à certains endroits [figure 24.5]) ont été acceptées comme point de référence pour déterminer les mesures de lutte. Ainsi, la stratégie de lutte contre les émissions proposait une réduction de 50 % des émissions de dioxyde de soufre afin d'atteindre la charge cible souhaitée. Une entente de coopération avec les États-Unis serait considérée comme partie intégrante de la stratégie globale de lutte, étant donné qu'environ la moitié des dépôts de sulfate relevés en 1980 proviendraient d'émissions des États-Unis. Une réduction des seules émissions canadiennes ne permettrait pas d'atteindre l'objectif en matière de dépôts.

Des négociations fédérales-provinciales ont été entreprises par l'entremise du Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. En février 1985, un accord a été conclu sur l'attribution de cibles en matière de réduction des émissions à chacune des sept provinces allant du Manitoba vers l'est du pays (Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, 1985). La figure 24.4 montre les progrès réalisés et les plans visant à réduire les émissions totales de sulfate dans l'est du Canada de la limite réglementée de 4 500 kt en 1980 à 2 300 kt d'ici 1994. Cette figure indique également la proportion de réduction des émissions imposée aux fonderies, aux centrales électriques alimentées avec des combustibles fossiles, de même qu'aux autres sources. Il faut remarquer que, en 1980, en raison des premières mesures de lutte et des facteurs existants du marché, les émissions réelles dans l'est du Canada n'étaient que d'environ 3 800 kt.

Aux États-Unis, le *Clean Air Act* a fait l'objet de modifications qui ont été adoptées en novembre 1990 et qui forment la base législative pour la réduction des émissions d'oxydes de soufre et d'oxydes d'azote. Au cours de la phase I, qui prendra fin en 1995, les limites des émissions de certaines centrales électriques entraîneront une réduction totale de 5 millions de tonnes impériales (4,5 millions de tonnes métriques) des émissions annuelles de dioxyde de soufre. Au cours de la phase II, qui se terminera en l'an 2000, une réduction additionnelle de 5 millions de tonnes impériales des émissions annuelles de dioxyde de soufre sera imposée. Les limites admissibles des émissions d'oxydes d'azote doivent être établies d'ici mai 1991 (U.S. Clean Air Act Amendments of 1990, 1990).

Une fois effectuées les réductions d'émissions aux États-Unis en plus des réductions proposées au Canada, les modèles des configurations connues de transport et de dépôts indiquent que la

quantité de sulfate déposée sera inférieure à l'objectif de 20 kg/ha/an pour tout l'est du Canada (Service de l'environnement atmosphérique, 1990). Cette réduction atténuera considérablement les effets dommageables des précipitations acides, mais les résultats d'une étude récente (Transport à distance des polluants atmosphériques, 1990) indiquent que divers éléments des écosystèmes, principalement les organismes aquatiques sensibles, seront encore menacés (CCRS, 1990, 4[e] partie).

Pour atteidre ses objectifs en matière de lutte contre les émissions, chaque province devra coopérer étroitement avec l'industrie. Des limites ont été attribuées aux industries et celles-ci ont soumis des plans décrivant en détail comment et quand elles réduiront leurs émissions (Algoma Steel Co. Ltd., 1988; Falconbridge Ltd., 1988; Inco Ltd., 1988; Ontario Hydro, 1989). Ces industries ont fait une première estimation des coûts sociaux et économiques des modifications prévues. Dans certains cas, le gouvernement fédéral ou provincial fournira une aide financière. Comme il est indiqué à la figure 24.4, la mise en œuvre de plusieurs des programmes de réduction des émissions était passablement avancée en 1990. Dans l'ensemble, les émissions dans l'est du Canada ont été réduites de 40 % par rapport aux niveaux de 1980; en d'autres termes, près de 80 % de l'objectif fixé pour 1994 a déjà été atteint.

La coopération internationale

La portée internationale du problème des dépôts acides préoccupe depuis longtemps les planificateurs canadiens. Les Canadiens et les Américains ont publié conjointement les résultats des mesures de la chimie des précipitations obtenus dès 1972 (Commission mixte internationale, 1982) et, depuis 1972, le Canada fait partie d'un réseau de surveillance globale, le réseau pluviomatique de l'Organisation météorologique mondiale (Organisation météorologique mondiale, 1971), avec 10 stations en service dans tout le pays à ce moment-là.

À cause de la direction des vents, les États-Unis sont le partenaire international le plus important du Canada dans ce dossier. Même si le Mémorandum déclaratif d'intention États-Unis–Canada n'a pas permis d'obtenir un accord immédiat sur la lutte contre les émissions aux États-Unis, une vaste coopération scientifique a fourni l'information nécessaire pour les stratégies de lutte actuellement mises en œuvre. Une analyse indépendante des préoccupations canadiennes au sujet de l'acidification, demandée par l'U.S. Environmental Protection Agency, a donné des conclusions qui appuient fortement la position canadienne (Cook et collab., 1988).

À une échelle internationale plus vaste, le Canada a entretenu des relations avec les autorités compétentes des autres pays par le biais des Nations Unies. En 1979, le Canada s'est joint à d'autres pays en signant la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance sous l'égide de la Commission économique pour l'Europe (1979). Par la suite, le Canada a joué un rôle de chef de file dans l'élaboration d'un protocole de réduction des émissions de soufre, signé à Helsinki en 1985, qui engageait les pays membres à réduire leurs émissions de 30 % d'ici 1994 (Commission économique pour l'Europe, 1985*a*). Le Canada a assumé un rôle de chef de file en mettant sur pied, à titre d'ajout à ce protocole, un programme de surveillance des effets de l'acidification dans les pays membres ainsi que des avantages des programmes de lutte au fur et à mesure de leur instauration (Commission économique pour l'Europe, 1985*b*). Le Canada a parrainé et organisé un colloque international sur les dépôts acides, intitulé « Muskoka 85 » (Martin, 1986), afin de favoriser un libre-échange international des connaissances et la publication des informations recueillies. Le Canada a acquis une renommée mondiale en raison de son engagement et de son leadership dans le dossier de l'acidification de l'environnement.

L'ACIDIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT ET L'AVENIR

Les avantages des mesures de lutte

L'information donnée à la figure 24.4 et à la section de ce chapitre traitant des stratégies de lutte montre que les émissions de soufre dans l'est du Canada ont diminué au cours des 10 dernières années. Cette diminution a permis de vérifier les relations dose–effet qui ont servi de base aux stratégies de lutte. La baisse des dépôts de sulfate en Nouvelle-Écosse a apparemment entraîné une réduction de l'acidité dans 11 rivières entre 1971–1973 et 1981–1982 (Thompson, 1986). Dans la région de Sudbury (Ontario), où les émissions ont diminué de plus de 50 % entre 1974–1976 et 1981–1983, un nouveau relevé portant sur 209 lacs indique que la plupart d'entre eux sont maintenant moins acides (Keller et Pitblado, 1986). L'étude de 54 lacs dans la région d'Algoma (Ontario) a révélé une réaction rapide à la diminution des dépôts de sulfate. Deux lacs qui, en 1979, avaient un pH inférieur à 5,5 et qui étaient dépourvus de poissons, ont connu une amélioration de leurs conditions, ce qui a entraîné le rétablissement de leurs populations de poissons (Kelso et Jeffries, 1988). On accumule de plus en plus de preuves à l'effet que la réduction des émissions donne effectivement lieu aux avantages prévus, ce qui renforce le degré de confiance à l'égard des projections.

Des modèles de transport atmosphérique et de dépôts ont été utilisés pour évaluer les concentrations de dépôts de sulfate acide auxquels on peut s'attendre au Canada et aux États-Unis par suite de divers degrés de réduction des émissions de soufre. Ces estimations tenaient compte de quatre scénarios possibles :

1. Les émissions de dioxyde de soufre restent les mêmes qu'en 1980.

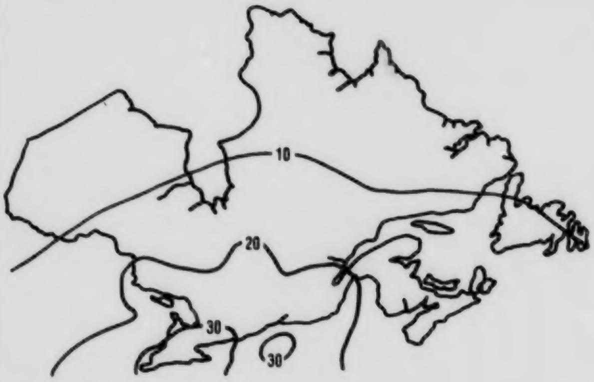
FIGURE 24.12

Schémas des dépôts de sulfate (en kilogrammes par hectare et par an) prévus pour quatre scénarios de lutte contre les émissions

Les avantages de la coopération Canada–États-Unis sont évidents en 3 et 4.

Scénario 1

Aucun changement. La quantité de sulfate dans les précipitations reste aux niveaux de 1982–1986.



Scénario 2

Concentrations prévues de sulfate dans les précipitations si les émissions canadiennes sont réduites de 50 %, soit l'objectif de 1994. Aucune mesure de lutte du côté des États-Unis.

Scénario 3

Concentrations prévues de sulfate dans les précipitations, compte tenu des réductions canadiennes décrites au scénario 2 et des réductions de l'ordre de 5 millions de tonnes impériales (4,5 millions de tonnes métriques) des émissions dans l'est des États-Unis.

Scénario 4

Même schéma qu'en 3, sauf que les réductions d'émissions aux États-Unis sont augmentées à 10 millions de tonnes impériales (9 millions de tonnes métriques).

2. Les émissions canadiennes de dioxyde de soufre sont réduites de 50 % conformément à l'objectif de 1994 de la stratégie de lutte.

3. En plus du scénario 2, les émissions de dioxyde de soufre sont réduites de 5 millions de tonnes impériales (4,5 millions de tonnes métriques) aux États-Unis.

4. Une réduction de 10 millions de tonnes impériales (9 millions de tonnes métriques) des émissions de dioxyde de soufre aux États-Unis est ajoutée au scénario 2.

La figure 24.12 présente les prévisions des dépôts de sulfate pour chacun de ces scénarios (CCRS, 1990, 3e partie). Ces niveaux de dépôts ont été utilisés dans les modèles d'écosystèmes aquatiques pour prévoir le degré d'acidification des lacs et l'appauvrissement subséquent en espèces de poissons (c.-à-d. le pourcentage restant du nombre d'espèces présentes avant l'acidification) dans chaque scénario. La figure 24.13 présente les avantages relatifs prévus des quatre scénarios, exprimés en termes de poissons, indiquant pour chaque région le pourcentage des lacs qui conserveraient moins de 90 % de leurs espèces de poissons. D'autres organismes des écosystèmes aquatiques réagiraient probablement de la même façon (CCRS, 1990, 4e partie).

Cette figure montre que les avantages des réductions des émissions sont beaucoup plus élevés pour la région

de l'Ontario et du Québec que pour les lacs très sensibles des provinces de l'Atlantique. Même avec les réductions appliquées du côté américain, les résultats tirés des modèles indiquent que certaines régions sensibles perdront probablement plus de 10 % des espèces dans plus de 30 % de leurs eaux de surface. Pour l'ensemble de l'est du Canada, la région touchée serait réduite, passant d'environ 100 000 lacs (13 %) à 39 000 lacs (5 %) par suite des réductions de 50 % des niveaux d'émissions de 1980, tant au Canada qu'aux États-Unis.

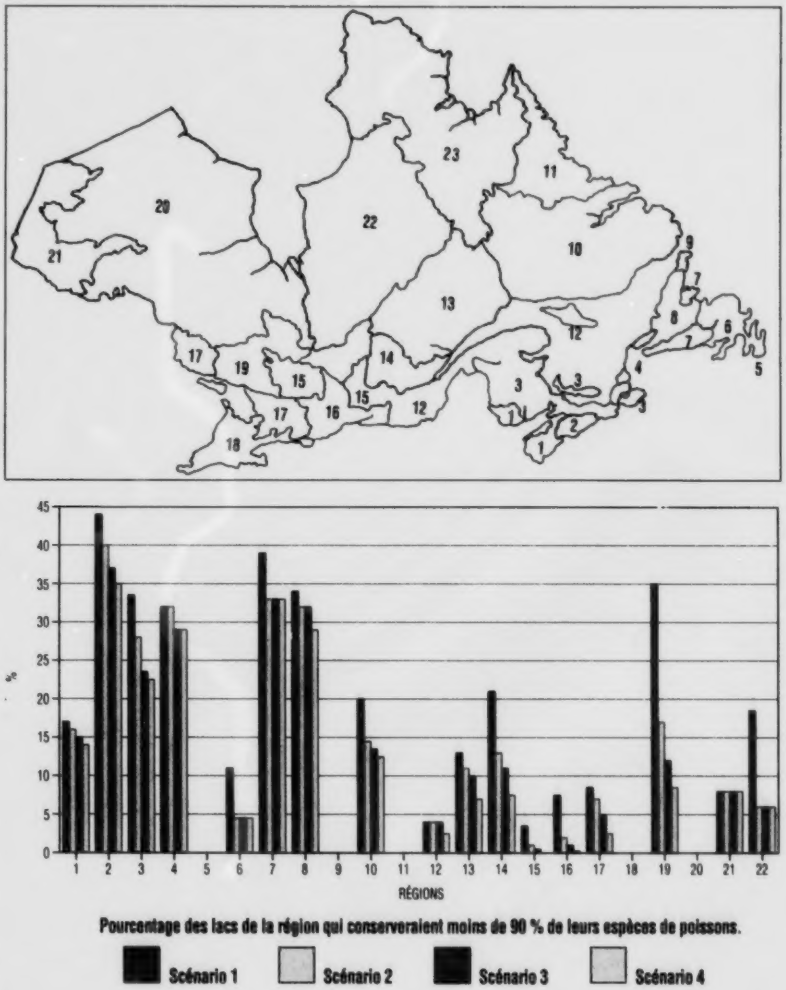
Les perspectives futures

D'après les résultats des recherches effectuées jusqu'à présent, les ententes intervenues entre le gouvernement et l'industrie ont permis de réduire les dépôts acides au Canada, et les réductions prévues des émissions ont également été réglementées aux États-Unis. Les réductions des émissions de soufre amélioreront grandement les habitats aquatiques; cependant, même lorsque les objectifs des réductions actuelles auront été atteints, l'acidification de nombreux écosystèmes aquatiques, particulièrement ceux situés dans les terres très sensibles des provinces de l'Atlantique, continuera. Il a été confirmé que la valeur de la charge cible de 20 kg/ha/an n'était appropriée que pour les masses d'eau de sensibilité moyenne; une valeur cible de 8–12 kg/ha/an serait nécessaire pour protéger les eaux plus sensibles du point de vue biologique (Transport à distance des polluants atmosphériques, 1990). Même si aucune prévision quantitative n'est encore possible pour les forêts, la santé humaine ou les dommages matériels, il faut supposer que ces domaines connaîtront une certaine amélioration qualitative.

Le Canada devra peut-être négocier d'autres réductions des émissions provenant de sources précises. Bien que le rétablissement des écosystèmes ait fait l'objet de nombreuses études dans diverses parties de l'est du Canada, il

FIGURE 24.13

Possibilité d'amélioration des écosystèmes aquatiques en fonction des quatre scénarios de réduction des émissions décrits à la figure 24.12



Pourcentage des lacs de la région qui conserveraient moins de 90 % de leurs espèces de poissons.

Source : CCRS, 1990, 4e partie.

reste encore à déterminer l'ampleur et le rythme du rétablissement des écosystèmes endommagés.

Il faut poursuivre les programmes de surveillance afin d'en tirer les indicateurs écologiques critiques dont on a besoin pour déterminer jusqu'à quel point les réactions des écosystèmes correspondent aux prévisions. Il faudra porter des jugements sur la pertinence des mesures de lutte dans l'atteinte des niveaux de protection acceptables pour la société canadienne. Une information détaillée et fiable sur la surveillance environnementale sera essentielle pour pouvoir porter ces jugements.

Les solutions les plus immédiates aux dépôts acides sont généralement associées à nos efforts visant à réduire les principales sources d'émissions. Nous avons accompli des progrès considérables par le biais d'une action concertée entre les divers gouvernements et entre les gouvernements et l'industrie. Cependant, la solution à long terme couvre un champ beaucoup plus vaste. La société moderne qui demande constamment d'augmenter la production d'énergie et la production industrielle, tel est le véritable facteur crucial. La protection de notre environnement et de nous-mêmes dépendra, en définitive, des mesures que nous accepterons de prendre en tant que particulier, en tant que collectivité et en tant qu'entreprise. Il faudra sans aucun doute concevoir collectivement des façons différentes et innovatrices de consommer l'énergie et les biens et services.

OUVRAGES CITÉS

Action Seminar on Acid Precipitation. 1979. *Acid precipitation*. Compte rendu d'un séminaire tenu du 1er au 3 novembre 1979. Federation of Ontario Naturalists, Don Mills.

Algoma Steel Co. Ltd. 1988. *Environmental control at the Algoma ore division*. Sault-Ste-Marie.

Alvo, R., D.J.T. Hussell et M. Berrill. 1988. « The breeding success of loons (*Gavia immer*) in relation to alkalinity and other lake characteristics in Ontario. » *Journal canadien de zoologie*, 66 : 746–751.

Amorosa, G.G., et V. Fassina. 1983. *Stone decay and conservation*. Materials Science Monographs 11. Elsevier Science Publishers, New York.

Barrie, L.A., et J.M. Hales. 1984. « The spatial distribution of precipitation acidity and major ion deposition in North America during 1980. » *Tellus*, 36B : 333–355.

Bates, D.V., et R. Sizto. 1989. « The Ontario air pollution study : identification of the causative agents. » *Health and Environmental Health Perspectives*, 79 : 69–72.

Beamish, R.J., et H.H. Harvey. 1972. « Acidification of the La Cloche Mountain Lakes, Ontario and resulting fish mortalities. » *Journal de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada*, 29 : 1131–1143.

Berkey, C.S., J.H. Ware, D.W. Dockery, B.G. Ferris Jr. et F.E. Speizer. 1986. « Indoor air pollution and pulmonary function growth in pre-adolescent children. » *American Journal of Epidemiology*, 123 : 250.

Brown, L.R., W.U. Chandler, A. Durning, C. Flaving, L. Heise, J. Jacobson, S. Postel, C.P. Shea, L. Starke et E.C. Wolf. 1988. *State of the world 1988 : a Worldwatch Institute report on progress towards a sustainable society*. W.W. Norton and Company, New York.

Brydges, T.G. 1987. *Some observations on the public responses to acid rain in Canada*. Svante Oden Commemorative Symposium. Stockholm.

Building Research Establishment. 1990. *National Materials Exposure program*. 1990. Watford.

Castillo, R. 1979. *An investigation of the acidity of stratus cloud water and its relationship to droplet distribution, pH of rain and weather parameters*. Thèse inédite de Ph.D. State University of New York, Department of Atmospheric Sciences, Albany.

Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance. 1990. *The 1990 Canadian long-range transport of air pollutants and acid deposition study. Part 1 — Executive summary. Part 2 — Emission and control. Part 3 — Atmospheric sciences. Part 4 — Aquatic effects. Part 5 — Terrestrial effects. Part 6 — Human health. Part 7 — Man-made materials. Part 8 — Socio-economic benefits*. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Commission économique pour l'Europe. 1979. *Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance*. Nations Unies, Genève.

Commission économique pour l'Europe. 1985*a*. *Protocole sur le contrôle des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontaliers*. Nations Unis, Genève.

Commission économique pour l'Europe. 1985*b*. *Programme international concerté (PIC) pour l'évaluation et la surveillance de l'acidification*. Nations Unies, Genève.

Commission mixte internationale. 1982. *Reference reports on the Upper Great Lakes*. 2 volumes. Ottawa.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. 1983. *Determination of target loadings for sulphate deposition*. Environnement Canada, Ottawa.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. 1985. *Allocation of sulphur emission reductions by province*. Environnement Canada, Ottawa.

Cook, R.B., M.L. Jones, D.R. Marmorek, J.W. Elwood, J.L. Malanchuk, R.S. Turner et J.P. Smol. 1988. *The effects of acidic deposition on aquatic resources in Canada: An analysis of past, present, and future effects*. Publication 2894. Oak Ridge National Laboratories, Oak Ridge.

Cowell, D.W., et A.E. Lucas. 1986. « Potential of soils and bedrock to reduce acidity of incoming acidic deposition for Ontario. » Carte insérée dans : Cowell, D.W. *Assessment of aquatic and terrestrial acid precipitation sensitivities for Ontario*. Acid precipitation in Ontario study, Rapport 009/86. Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Crocker, T.D., et B.A. Forster. 1986. « Atmospheric deposition and forest decline. » *Water, Air and Soil Pollution*, 31 : 1007–1017.

DPA Group Inc. 1987. *Assessing historical and future economic impacts and net economic effects related to acidic deposition on the sports fishery of Eastern Canada*. Rapport inédit préparé à contrat pour Pêches et Océans Canada, Halifax.

Environnement Canada. 1988. *Les pluies acides : une évaluation nationale de la sensibilité*. Fiche d'information sur l'environnement no 88–1. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

États-Unis–Canada. 1983. *Mémorandum déclaratif d'intention sur la pollution atmosphérique transfrontière*. Rapport définitif, 4 vol. Environnement Canada, Ottawa.

Falconbridge Ltd. 1988. *Report required under Ontario Regulation 661/85 of the Environmental Protection Act*. Toronto.

Foncin, J.F. 1987. « Alzheimer's disease and aluminium. » *Nature* 326, 6109 : 136.

Gibbons, E.V. 1970. *The corrosion behavior of the major architectural and structural metals in Canadian atmospheres*. CNR/D.B.R., Rapport 11630. Conseil national de recherches, Ottawa.

Gorham, E. 1955. « On the acidity and salinity of rain. » *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 7 : 231–239.

Gorrie, P. 1986. « Acid rain fighter. » *Canadian Geographic*, 106(5) : 8–17.

Groupe consultatif de recherches États-Unis–Canada. 1979. *Le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances en Amérique du Nord : un examen préliminaire*. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Groupe de travail TADPA. 1989. *LRTAP Working Group report no. 1: Eastern Canada database characteristics*. Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada, Burlington.

Hélie, R.G., G.M. Wickware et M. Sioh. 1992. *Évaluation quantitative des eaux de surface menacées par les dépots acides dans l'est du Canada*. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Inco Ltd. 1988. *Sulfure dioxide abatement program*. Sudbury.

Jackson, M.L., et P. Huang. 1983. « Aluminium of acid soils in the food chain and senility. » *The Science of the Total Environment*, 28 : 269–276.

Jeffries, D.S. 1991. « Southeastern Canada: An overview of the effects of acidic deposition on aquatic resources. » Pages 273–289 dans : Charles, D.F., et S. Christie (réd.). *Acid deposition and aquatic ecosystems regional case studies*. Springer-Verlag New York Inc., New York.

Johnson, A.H., A.J. Friedland et J.G. Dushoff. 1986. « Recent and historic Red Spruce mortality: evidence of climatic influences. » *Water, Air, and Soil Pollution*, 30 : 319–330.

Keller, W., et J.R. Pitblado. 1986. « Water quality changes in the Sudbury area lakes: A comparison of synoptic surveys in 1974–76 and 1981–83. » *Water, Air, and Soil Pollution*, 29 : 285–296.

Kelso, J.M.R., et D.S. Jeffries. 1988. « Response of headwater lakes to varying atmospheric deposition in north-central Ontario, 1979 to 1985. » *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 45 : 1905.

Krause, G.H.M., U. Arndt, C.J. Brandt, J. Bucher, G. Kenk et E. Matzner. 1986. « Forest decline in Europe: Development and possible causes. » *Water, Air, and Soil Pollution*, 31 : 647–668

Kucera, V. 1983. « The effect of acidification of the environment on the corrosion of the atmosphere, water, and soil. » Pages 153–170 dans : *Proceeding of the 9th Scandinavian Corrosion Congress*. Copenhague.

Lynch-Stewart, P., E.B. Wiken et G. Ironside. 1987. *Le dépôt acide sur les terres de choix dans l'est du Canada*. Rapport/Inventaire des terres du Canada no 18. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Marmorek, D.R., K.W. Thornton, J.P. Baker, D.P. Bernard, M.L. Jones et B. Reuber. 1987. *Acidic episodes in surface waters: the state of science*. Rapport définitif. Environmental Protection Agency, Corvallis.

Martin, H.C. (réd.). 1986. « Acidic precipitation: proceedings of the International Symposium on Acidic Precipitation. » *Water, Air, and Soil Pollution*. Vol. 30 et 31.

Matheson, D.H., et F.C. Elder (réd.). 1976. « Atmospheric contribution to the chemistry of lake waters. » Supplément au volume 2, *Journal of Great Lakes Research*.

McNicol, D.K., B.E. Bendell et R.K. Ross. 1987. *Études des effets de l'acidification sur la faune aquatique au Canada : rapports entre la sauvagine et les niveaux trophiques dans les petits lacs du nord de l'Ontario*. Publication hors-série n° 62. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Meger, S.A. 1986. « Polluted precipitation and the geochronology of mercury deposition in lake sediments of northern Minnesota. » *Water, Air and Soil Pollution*, 30 : 411–419.

Meranger, J.C., et T.R. Kahn. 1983. « Lake water acidity and the quality of pumped cottage water in selected areas of Northern Ontario. » *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 15(3) : 185–212.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1979. *Étude des précipitations acides en Ontario*. Toronto.

National Acid Precipitation Assessment Program. 1990. *State of science and state of technology*. Summary Document, Sec. 20, Materials Damage in Structural Context. Washington, D.C.

Nilsson, J. (réd.). 1986. *Critical loads for nitrogen and sulphur*. Rapport pour le groupe de travail nordique. Commission nationale de protection de l'environnement de la Suède, Solna.

Ontario Hydro. 1989. *Options available to meet acid gas limits and selection of preferred options*. Rapport au lieutenant-gouverneur en conseil. Ontario Hydro, Toronto.

Organisation météorologique mondiale. 1971. *WMO Operations Manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation*. Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale, Genève.

Persson, G. 1982. *Acidification today and tomorrow*. Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement de la Suède, Stockholm.

Service de l'environnement atmosphérique. 1990. *Effects of U.S. control program on sulphate transboundary flow and wet sulphate deposition*. Note documentaire. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Smith, R.A. 1872. *"Air and rain", the beginnings of chemical climatology*. Longmans Green, Londres.

Stern, B., L. Jones, M. Raizenne, R. Burnett, J.C. Meranger et C.A. Franklin. 1989. « Respiratory health effects associated with ambient sulphates and ozone in two rural communities. » *Environmental Research*, 49 : 20.

Stumm, M., et J. Morgan. 1970. *Aquatic chemistry*. Wiley-Interscience, New York.

Thomas, J.F.J. 1953. *Scope, procedures and interpretation of survey studies, industrial water resources of Canada*. Levés hydrographiques n° 1. Ministère canadien des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.

Thompson, M.E. 1986. « The cation denudation rate model — its continued validity. » *Water, Air, and Soil Pollution*, 31 : 17–26.

Transport à distance des polluants atmosphériques. 1978. *Program Plan*. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

Transport à distance des polluants atmosphériques. 1990. *Report of the federal-provincial acid rain agreement*. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

U.S. Clean Air Act Amendments of 1990. 1990. *Senate Bill S-1630*. U.S. Government Printing Offices, Washington, DC.

Wayland, M., et D.K. McNicol. 1990. *Status report on effects of acid precipitation on common loon reproduction in Ontario: the Ontario Lake Survey*. Série de rapports techniques n° 92. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Weaver, M.E. 1985. « The rain that eats our cities. » *Canadian Heritage*, February/March : 24–31.

Weaver, M.E. 1987. « Canada's bronze beauties. » *Canadian Heritage* 13 : 37–40.

Whelpdale, D.M., président. 1976. *Transport à distance des polluants atmosphériques : rapport sommaire du comité spécial*. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, Downsview.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Lectures générales :

Acidic Precipitation. 1989–1990. Volume 1, Case studies. Volume 2, Biological and ecological effects. Volume 3, Sources, deposition, and canopy interactions. Advances in environmental sciences. Springer-Verlag, New York.

Stokes, P. 1988. *Les polluants atmosphériques et leurs effets sur les systèmes aquatiques : évaluation des besoins en recherche*. Document d'étude. Conseil des sciences du Canada, Ottawa.

Lectures détaillées :

Boyle, R.H., et R.A. Boyle. 1983. *Acid rain*. Schocken Books, New York.

Chambre des communes du Canada. 1981. *Les eaux sournoises : la tragique réalité des pluies acides*. Rapport du Comité permanent des pêches et des forêts, Ottawa.

Howells, G. 1990. *Acid rain and acid waters*. Ellis Horwood, Hemel Hempstead, Angleterre.

Luoma, J.R. 1985. *Troubled skies, troubled waters: the story of acid rain*. Penguin Books, New York.

LaBastille, A. 1981. « Acid rain : how great a menace? » *National Geographic*, 160(5) : 652–680.

REMERCIEMENTS

Les rapports nationaux de 1990 sur l'évaluation des dépôts acides, préparés de concert par les gouvernements fédéral et provinciaux, les groupes écologiques privés et l'industrie, ont fourni une grande partie de la matière analysée dans ce chapitre. Floyd Elder, chef de file renommé et expert dans le programme canadien des pluies acides, est le principal auteur du chapitre. Dean Jeffries, Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada (Burlington), et Tom Brydges, Direction des services de l'intégration environnementale (Downsview), ont offert de nombreuses suggestions utiles sur le contenu du chapitre.

Un large éventail d'experts et de spécialistes a participé activement à l'élaboration du chapitre, notamment, pour Environnement Canada, Denise Burich, Direction des politiques, Conservation et Protection (Ottawa), Peter Blancher, Centre national de la recherche faunique (Ottawa), Bill Booty, Institut national de recherche sur les eaux (Burlington), Robert Hélie (Ottawa), W. Smith (Ottawa) et M. Papineau (Québec), Direction générale des eaux intérieures, Joe Kerekes, Service canadien de la faune (Halifax), et P. Vasudev, Direction des programmes industriels, Protection de l'environnement (Ottawa); Peter Hall, Forêts Canada (Ottawa); Mark Raizenne et Joyce Mortimer, Direction de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada (Ottawa); ainsi que Ken Minns (Burlington) et Iola Price (Ottawa), Pêches et Océans Canada.

Un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement a revu le texte et a apporté de nombreux commentaires constructifs. D. Coffin, de la compagnie Noranda, a fourni la matière pour la composition d'un encadré.

Ed Wiken, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination du chapitre.

La rédaction initiale de ce chapitre a été effectuée par J. Alexander Burnett et revue par Susan Burns.

25

GRACIEUSETÉ DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE, OTTAWA

POINTS SAILLANTS

Il existe, au niveau national, peu de données scientifiques fiables sur les déchets solides urbains. À défaut de données de base uniformes et de programmes antérieurs de surveillance des tendances, il est difficile d'évaluer l'ampleur de la crise avérée des déchets.

■

Les Canadiens figurent parmi les plus gros producteurs de déchets solides urbains par habitant dans le monde. En Ontario, on a estimé que la production de déchets par habitant avait augmenté de 25 % pendant les années 1980.

■

Du point de vue de l'impact sur l'environnement, le gaspillage des matières premières et de l'énergie et la dégradation des écosystèmes que favorise la mentalité actuelle du « prêt-à-jeter » constituent les aspects les plus graves du problème des déchets.

■

Le papier est le produit le plus courant dans les déchets urbains. Il représente à peu près 35 % du total et, d'après l'analyse des déchets par type de produit, environ le tiers se compose d'emballages.

■

La mise en décharge est actuellement le mode d'élimination des déchets le plus répandu. Le Canada compte environ 10 000 décharges, et la plupart d'entre elles se rapprochent plus du dépotoir rudimentaire que de la décharge ultra-moderne.

■

L'incinération constitue également une technique d'élimination. Les incinérateurs émettent des gaz acides, du dioxyde de carbone et des produits chimiques toxiques. Les incinérateurs modernes laissent toutefois échapper beaucoup moins de gaz acides et de substances toxiques qu'auparavant. Il reste qu'ils produisent toujours de grandes quantités de cendres, qui doivent souvent être éliminées dans des installations autorisées à traiter les déchets dangereux.

■

De nouvelles méthodes de gestion des déchets solides viennent interrompre ou ralentir la consommation des ressources naturelles. Les gouvernements accordent la priorité aux « 4R » : réduction à la source (de l'utilisation des ressources pour commencer), réutilisation, recyclage et récupération (de l'énergie par incinération des déchets).

■

Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a fixé comme objectif national de réduire, d'ici l'an 2000, la production de déchets de 50 % en masse, par personne, par rapport aux quantités de 1988.

■

Jusqu'à maintenant, le programme des « boîtes bleues » de l'Ontario, le doyen des programmes de recyclage du genre, a permis de détourner uniquement 3 à 4 % des déchets solides urbains mis en décharge dans cette province.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 25-4

Une définition des déchets solides urbains 25-5

Les secteurs producteurs de déchets solides urbains 25-6

Que met-on aux rebuts? 25-7

Les pratiques courantes d'élimination 25-9
- Les décharges 25-9
- L'incinération 25-11

Les nouvelles orientations en matière de gestion des déchets 25-12
- La réduction à la source 25-14
- La réutilisation 25-14
- Le recyclage 25-15
- Le compostage 25-17
- La récupération des ressources 25-17
- Les ordures ménagères dangereuses 25-18
- Les innovations en matière de décharge 25-19
- La gestion intégrée des déchets 25-20

Conclusion 25-20

Ouvrages cités 25-20

Pour de plus amples renseignements 25-21

Remerciements 25-21

Liste des encadrés

25.1 Les décharges ultra-modernes 25-11
25.2 Des emballages respectueux de l'environnement 25-13
25.3 Les vieux pneus 25-18

Liste des figures

25.1 La gestion des déchets solides urbains au Canada, 1988 25-5
25.2 Déchets solides produits au Canada en 1988, par province et par territoire 25-5
25.3 Composition des déchets résidentiels produits en Ontario, 1989 25-6
25.4 Comparaison de l'importance relative, en masse et en volume, des divers types de déchets solides urbains des États-Unis 25-8
25.5 Matériaux d'emballage utilisés au Canada en 1988, y compris les emballages recyclés et réutilisés 25-8
25.6 Pourcentages, en masse, des déchets non durables, durables, d'emballage, de jardin, alimentaires et divers dans le flux des déchets urbains aux États-Unis, 1988 25-9
25.7 Économies réelles d'énergie résultant du recyclage du verre, de l'acier et de l'aluminium, par opposition à l'utilisation de ressources vierges, et économies théoriques d'énergie découlant du recyclage du plastique 25-16
25.E1 Décharge contrôlée avec captage des lessivats et récupération des gaz 25-11

Liste des tableaux

25.1 Répartition des déchets provenant des établissements commerciaux, des institutions ainsi que de l'industrie légère et de l'industrie lourde en Ontario, 1989 25-7
25.2 Concentrations de certains métaux lourds présents dans les lessivats d'une décharge municipale 25-10
25.3 Constituants des gaz de décharge sur un site utilisé pour l'élimination des déchets solides urbains et industriels 25-10
25.4 Lignes directrices établies par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement pour les émissions de quatre contaminants à la cheminée des incinérateurs : chlorure d'hydrogène, monoxyde de carbone, dioxines et furanes totaux et particules en suspension 25-14
25.5 Émissions prévues de 11 contaminants (pour lesquels aucune ligne directrice n'a été établie quant aux émissions à l'incinérateur) provenant d'incinérateurs exploités conformément aux lignes directrices du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) pour les quatre contaminants indiqués au tableau 25.4 25-15
25.6 Analyse des contaminants relevés dans les cendres lourdes et les cendres volantes d'un incinérateur urbain 25-15
25.7 Produits recueillis dans le cadre du programme des boîtes bleues en Ontario, 1988–1991 25-16
25.E1 Coûts hypothétiques de trois décharges ayant des tailles et des caractéristiques différentes 25-12

> **« Les Canadiens ont pris l'habitude d'une forte consommation de biens matériels fondée sur l'éphémérisation des objets, des mœurs dépensières et un gaspillage presque généralisé, tant par les individus que par la collectivité... [Le maintien d'un tel système]... nous conduirait à une envolée permanente du coût des matières premières, à la raréfaction de l'énergie et à la détérioration de l'environnement. »**
>
> Conseil des sciences du Canada, 1977

INTRODUCTION

Les Canadiens sont parmi les plus gros producteurs de déchets au monde. Bien que le public soit de plus en plus sensibilisé à la nécessité de préserver les écosystèmes et les ressources en consommant moins de matières premières et en réutilisant et recyclant davantage, le flux incessant de déchets résultant de nos activités quotidiennes n'a pas encore diminué. En fait, tout indique qu'il a augmenté depuis quelques années. Le ministère de l'Environnement de l'Ontario (1990) a récemment établi que la quantité de déchets produits par personne dans cette province avait augmenté de 25 % durant la dernière décennie. Selon une enquête effectuée en 1989, les Canadiens ont produit environ 30 millions de tonnes de déchets urbains (déchets industriels légers, commerciaux et institutionnels inclus) et de déchets de construction[1] en 1988 (R. Christensen, Environnement Canada, communication personnelle).

La plupart des déchets produits par les Canadiens finissent dans les décharges, bien que certains soient tout d'abord incinérés (ce qui en réduit considérablement la masse) et que d'autres soient recyclés ou réutilisés (figure 25.1). (Le présent chapitre ne traite pas des déchets sauvages — depuis les voitures abandonnées jusqu'aux anneaux de plastique pour l'emballage des cannettes que l'on trouve dans les forêts, les parcs, en bordure des routes, dans les cours d'eau et les océans —, car on ne dispose pas de données sur la quantité de ces déchets ni sur leur composition.) Par suite de l'opposition récente de certaines collectivités à l'aménagement de nouvelles décharges ou de nouveaux incinérateurs sur leur territoire, on a enfin entrepris des recherches sur le problème des déchets. De nouvelles mesures devraient entraîner, d'ici le milieu des années 1990, une réduction de la quantité totale de déchets produits au Canada. Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement a fixé comme objectif national de réduire la production de déchets éliminés dans les décharges de 50 % en masse, par personne, d'ici l'an 2000, par rapport aux quantités établies à 1,8 kg par personne en 1988 (Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, 1989). Certaines provinces, notamment l'Ontario, ont aussi adopté cet objectif (Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1990). La figure 25.2 illustre la production de déchets au Canada, par province et territoire, selon une étude effectuée pour le Groupe de travail national sur l'emballage (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*a*).

Les déchets produits au Canada englobent de nombreux produits et sous-produits de la technologie moderne qui posent des défis de taille aux responsables de la gestion des déchets. Des produits manufacturés non dangereux, comme le papier imprimé avec de l'encre métallisée, peuvent néanmoins être une source de pollution, qu'ils soient recyclés, incinérés ou éliminés dans des décharges. Si ce papier est mis en décharge, le lessivage du métal peut contaminer les eaux souterraines; s'il est incinéré, le métal contaminera les cendres de l'incinérateur; et s'il est recyclé, le métal peut être transmis aux boues, aux eaux usées ou au nouveau produit au moment du « désencrage » (Colborn et collab., 1990).

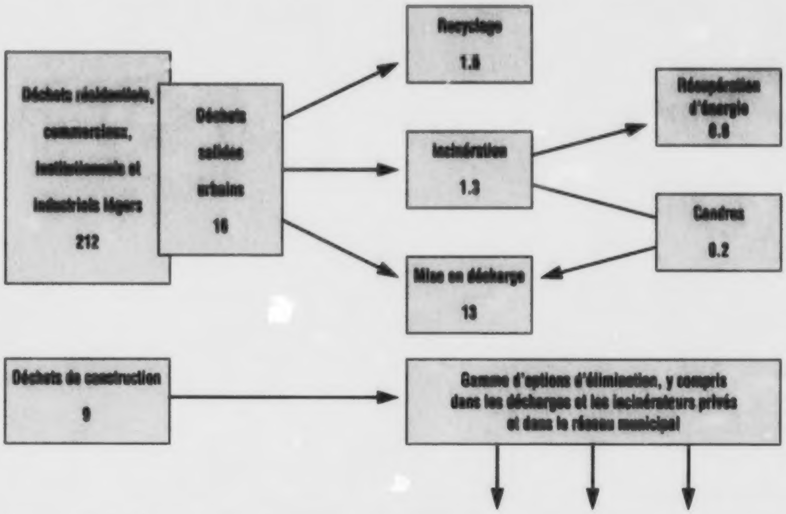
Toutefois, le pire impact environnemental de grandes quantités de déchets ne tient pas tant à la pollution résultant de leur élimination qu'à l'utilisation de matières premières et d'énergie ainsi qu'à la dégradation et à l'appauvrissement des écosystèmes qu'a encouragé « l'indifférence presque totale à l'égard des déchets ». Le chapitre 1 examine les sérieuses répercussions de la surconsommation des res- sources — renouvelables, recons-tituables, non renouvelables ou non reconstituables — sur l'état de santé de l'écosphère. L'absence de conservation des ressources augmente également les coûts environnementaux globaux en raison de la pollution de l'air et de l'eau qui résulte des procédés de fabrication. En participant à des programmes de recy-

[1] S'il est vrai que de nombreuses recherches sont maintenant en cours au Canada sur les déchets solides, les études d'envergure nationale ont été rares dans le passé. Par conséquent, les catégories utilisées dans le présent chapitre ne sont pas aussi rigoureuses qu'elles le devraient et les chiffres fournis ne sont habituellement que des approximations.

FIGURE 25.1

La gestion des déchets solides urbains au Canada, 1988

La figure indique la quantité de déchets (en millions de tonnes) recyclés et éliminés en décharge et par incinération, y compris les déchets utilisés comme charge d'alimentation dans les opérations de récupération d'énergie. Environ 5 millions de tonnes de déchets résidentiels (p. ex., les cendres des incinérateurs des immeubles d'habitation), commerciaux, institutionnels et industriels légers sont éliminés en dehors du flux des déchets urbains. Quelque 9 millions de tonnes de déchets de construction sont éliminés, dont un pourcentage inconnu dans les décharges municipales.



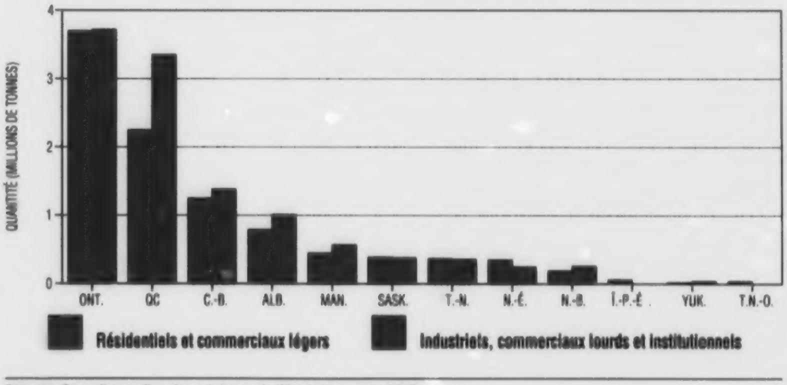
[a] Ce chiffre ne correspond pas à certains autres qui ont été publiés pour la production de déchets au Canada parce que les diverses études ont donné des définitions différentes pour les déchets institutionnels, commerciaux et industriels légers.

Source : Données inédites de la Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada.

FIGURE 25.2

Déchets solides (en millions de tonnes) produits au Canada en 1988, par province et par territoire

La quantité totale s'établit à 20,5 millions de tonnes. Elle diffère légèrement du total indiqué à la figure 25.1 en raison de variations dans le mode de collecte des données.



Source : Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*a*.

clage et de réduction des déchets, les Canadiens non seulement atténuent le problème immédiat de l'élimination des déchets, mais ils s'engagent aussi personnellement à conserver les ressources de la planète.

UNE DÉFINITION DES DÉCHETS SOLIDES URBAINS

Il est difficile de dresser un bilan national de tous les déchets solides produits au Canada, notamment parce que l'on ne dispose pas de données scientifiques valables à l'échelon national. Ce chapitre porte donc sur les quelque 16 millions de tonnes de déchets solides du Canada considérés comme étant d'origine urbaine, étant donné qu'il existe pour cette catégorie des données statistiques (qui présentent toutefois certaines lacunes). On traite ailleurs dans le présent rapport des autres déchets solides[2].

Les déchets solides urbains comprennent généralement les déchets résidentiels, industriels légers, commerciaux et institutionnels dont la cueillette est assurée par la municipalité ou par un entrepreneur. On peut également définir ces déchets comme étant tous les déchets acheminés à une décharge ou à une autre installation de la municipalité. Cette seconde définition englobe plus de matières que la première. En effet, la plupart des municipalités ne recueillent pas les déchets de la totalité des établissements commerciaux, des industries, des institutions et des immeubles d'habitation; dans ces cas, les déchets sont transportés à la décharge par ceux qui les produisent ou par un entrepreneur

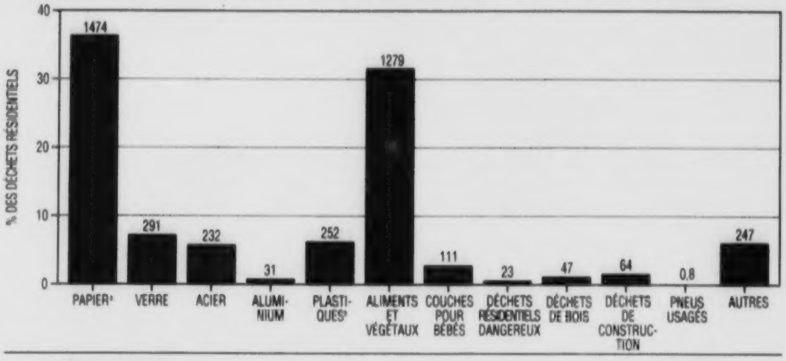
[2] Le chapitre 14 traite des déchets dangereux que l'on trouve dans des dépôts spéciaux; il porte également sur les boues industrielles non toxiques et non recyclables, les déchets radioactifs ainsi que d'autres déchets résultant des procédés industriels mais qui ne font pas partie du flux des déchets urbains (p. ex., les déchets résultant de la fabrication d'automobiles et les cendres des chaudières industrielles). En outre, les déchets solides urbains ne comprennent habituellement pas les résidus miniers (voir le chapitre 11), les sables de fonderie, les rémanents de l'exploitation forestière, les boues d'épuration et les déblais de dragage.

engagé à cette fin. Il reste que la catégorie des déchets solides urbains constitueun découpage administratif et qu'elle peut varier d'une municipalité à l'autre. Par exemple, certaines municipalités incluent, contrairement à d'autres, les déchets de construction et de démolition, les vieilles voitures et les appareils ménagers usagés dans leurs statistiques.

Dans la plupart des provinces, le gouvernement provincial fixe les normes d'élimination des déchets solides urbains et exerce une fonction de réglementation, tandis que les municipalités se chargent de la cueillette et de l'élimination des déchets. Le Nouveau-Brunswick, pour sa part, a créé une commission des déchets solides qui supervise les programmes de cueillette, d'élimination, de réduction, de recyclage et autres à l'échelle de la province. Au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, les municipalités et les gouvernements territoriaux se partagent cette responsabilité.

FIGURE 25.3

Composition des déchets résidentiels produits en Ontario, 1989



[a] Papier et carton	Tonnes
Journaux	673 200
Papier fin	74 000
Carton pour boîtes	173 100
Vieux carton ondulé	108 900
Magazines	165 100
Papier mélangé (ciré/plastique/mélangé)	59 300
Bottins téléphoniques	13 000
Emballages mixtes	11 400
Autres (kraft, papier peint, mouchoirs de papier)	196 000
Total	**1 474 000**

[b] Les contenants fabriqués avec du polyéthylène téréphtalate et du polyéthylène à haute densité, comme les bouteilles de boissons gazeuses, sont relativement faciles à reconnaître; de plus, leur recyclage n'entraîne pas de dégradation importante. Ce sont les meilleurs candidats aux programmes de recyclage postconsommation des produits de plastique.

Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse.

LES SECTEURS PRODUCTEURS DE DÉCHETS SOLIDES URBAINS

La décharge municipale, qui peut être un dépotoir, une décharge contrôlée, un incinérateur ou un centre de recyclage, reçoit des déchets provenant des résidences, des établissements commerciaux, des industries et des chantiers de construction; il convient de remarquer que ce ne sont pas *tous* les déchets de chacune de ces sources (voir la figure 25.1). En effet, si la masse des déchets solides urbains comprend la quasi-totalité des déchets résidentiels (une faible proportion est brûlée dans les incinérateurs des immeubles d'habitation), par contre, elle n'englobe pas la majeure partie des déchets de construction.

Les déchets résidentiels représentaient environ 35 à 40 % des déchets acheminés aux décharges municipales en 1988. La figure 25.3 montre la composition et la masse des déchets résidentiels en Ontario, en 1989. Les déchets résidentiels comportent une proportion faible, mais néanmoins importante, d'ordures ménagères dangereuses, notamment les produits de blanchissage, les désinfectants et les piles. Ce type d'ordures présente un plus grand risque pour l'environnement que les ordures ordinaires. S'il s'agissait de grandes quantités de déchets industriels, ceux-ci seraient soumis à une réglementation et à une surveillance gouvernementales (voir le chapitre 14); dans bon nombre de cas, ces déchets ne seraient tout simplement pas acceptés dans les décharges. Malheureusement, mêlés en petites quantités aux ordures ordinaires provenant de résidences privées, ils aboutissent souvent à ces endroits. Et, si l'on tient compte du fait que 10 millions de foyers canadiens produisent des ordures ménagères, on comprend que la réduction des déchets domestiques dangereux revêt une importance primordiale.

Les déchets commerciaux proviennent généralement d'entreprises autres que les industries, comme les magasins, les bureaux et les restaurants, et se composent souvent en grande partie de divers types de papiers et de cartons. Toutefois, cette catégorie de déchets peut parfois comprendre les déchets des hôpitaux, des écoles et des aéroports, qui comprennent, outre du papier, des déchets spéciaux ou dangereux. Ainsi, dans les déchets des aéroports, il peut y avoir des restes de repas servis lors de vols internationaux; ces restes peuvent contenir des organismes étrangers susceptibles d'infecter la flore et (ou) la faune du Canada. Pour leur part, les hôpitaux jettent aux rebuts des aiguilles, des vêtements et des tampons contaminés ainsi que des parties du corps humain. Ces déchets dangereux doivent généralement être séparés des déchets urbains ordinaires.

On peut répartir les déchets industriels en un certain nombre de catégories, notamment les déchets de matières premières (p. ex., l'écorce des arbres dans une scierie), les déchets de transformation (p. ex., les boues de galvanoplastie), les déchets d'emballage (p. ex., les contenants d'expédition) ainsi que les produits manufacturés non conformes aux normes en vigueur. La gamme des déchets industriels témoigne de la grande diversité des industries canadiennes. Les déchets de l'industrie légère (p. ex., les fabricants d'emballages) font habituellement partie des déchets urbains, mais ce n'est pas le cas des déchets de l'industrie lourde (p. ex., l'industrie automobile). Le tableau 25.1 donne la composition des 5 millions de tonnes de déchets provenant d'établissements commerciaux, d'institutions et de diverses industries légères et lourdes en Ontario, en 1989.

TABLEAU 25.1

Répartition des déchets provenant des établissements commerciaux, des institutions ainsi que de l'industrie légère et de l'industrie lourde en Ontario, 1989

Les déchets suivants ne figurent pas dans le tableau :

- les déchets de construction et de démolition non éliminés dans les décharges publiques
- le sol contaminé et le nettoyage des déversements
- les déchets provenant de la construction et de l'entretien des routes
- les déblais de dragage des cours d'eau

ni les matières suivantes :

- le sable de fonderie
- les scories de hauts fourneaux
- les cendres volantes et les cendres lourdes
- le compost
- les boues des eaux usées

Composante	1989 (t)	%
Vieux carton ondulé	441 000	8
Papier de bureau	354 000	7
Autres sortes de papiers	426 000	8
Bois	1 130 000	21
Verre	282 000	5
Plastiques	163 000	3
Déchets de plantes et de jardin (organiques)	600 000	11
Métal	599 000	11
Pneus	88 000	2
Autres	1 278 000	24
Total	**5 361 000**	**100**

Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse.

QUE MET-ON AUX REBUTS?

Il n'existe pas de données à jour sur la composition des déchets solides urbains au Canada, aucune étude exhaustive n'ayant été effectuée récemment pour déterminer la composition des déchets à l'échelle nationale. Une enquête menée pour le compte du Groupe de travail national sur l'emballage (Conseil canadien des ministres de l'Environnement 1989*a*) a porté sur la production des déchets dans tout le Canada; toutefois, elle n'a fait le détail que des déchets d'emballage.

Le Québec et l'Ontario ont effectué des études sur les déchets (Ministère de l'Environnement du Québec, 1988; Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse). Ces études ne reflètent pas nécessairement la situation au niveau national, mais parmi les études récentes, celle de l'Ontario est sans doute la plus complète du pays sur la production et la composition des déchets (figure 25.3 et tableau 25.1). Cependant, on ne peut comparer directement les résultats de cette étude à ceux de l'enquête nationale sur l'emballage, étant donné que les types de déchets examinés n'étaient pas les mêmes. Par exemple, à la différence de l'enquête nationale, l'étude ontarienne englobait les déchets de l'industrie lourde et les déchets de fabrication.

Dans l'étude de l'Ontario, les déchets solides urbains sont répartis selon leur composition. Comme il est indiqué à la figure 25.3 et au tableau 25.1, les déchets sont très variés : aucune catégorie ne représente plus qu'un faible pourcentage de l'ensemble. Les déchets de papier, pour n'utiliser que cet exemple, ne sont pas homogènes : cette catégorie comprend le papier journal, le papier fin, le carton, les magazines, les bottins téléphoniques, le papier peint, les mouchoirs de papier et bien d'autres. Souvent, des matières semblables ont en fait des propriétés différentes. Par exemple, le verre trempé d'une casserole diffère du verre de vitre. D'autres déchets sont difficiles à recycler parce qu'ils sont constitués d'un mélange de matières. Les ampoules, notamment, sont composées d'au moins deux ou trois types de métaux, de verre (différent, de par sa composition, du verre de vitre ou du verre trempé), d'enduits intérieurs et d'adhésif. Les matières peuvent aussi avoir été contaminées par d'autres déchets. Ainsi, le papier d'emballage des hamburgers est souvent souillé de moutarde et de ketchup, sans parler des miettes de viande et d'oignons.

Le papier et le carton, depuis les journaux jusqu'aux mouchoirs de papier en passant par le papier utilisé dans les bureaux, le papier d'emballage et les boîtes de carton (voir la figure 25.3 et le tableau 25.1) représentent plus du tiers des déchets solides urbains, soit le groupe le plus important. En 1988, environ 6 millions de tonnes de produits de papier et de carton ont été consommés au Canada (Environnement Canada et Forêts Canada, 1990). Bien que 1,6 million de tonnes aient été récupérées à des fins de recyclage, il reste que les quelque 4,6 millions de tonnes de produits de papier qui ont été jetés représentent plus de 100 millions d'arbres.

Les déchets de jardin, en général des tontes de gazon et des feuilles aux quelles s'ajoutent des restes de taille de

haies et des branches d'arbres, constituent le deuxième groupe de déchets en importance. Les déchets alimentaires, le métal, le plastique et le verre sont d'autres grandes composantes des résidus urbains. La consommation individuelle d'un produit en faible quantité peut se traduire par une quantité énorme de déchets; par exemple, les foyers canadiens jettent plus de 1 800 t de bouteilles et de pots de verre vides et 1 400 t de contenants métalliques (boîtes de conserve et cannettes de boisson), chaque jour de l'année[3].

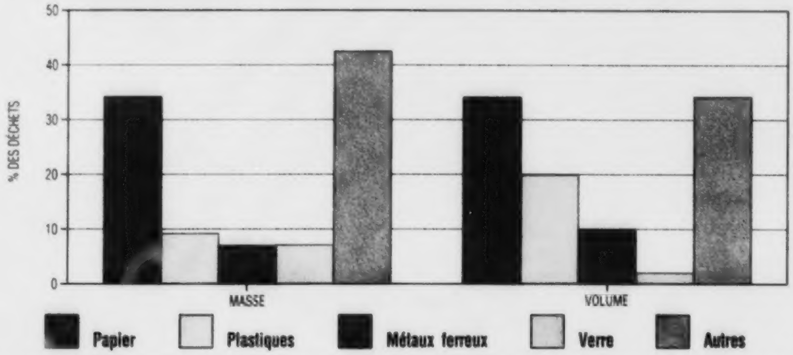
Comme on peut mesurer la quantité des déchets solides urbains en volume ou en masse, le pourcentage des diverses composantes varie en fonction de la méthode choisie (voir la figure 25.4). Certains produits sont très volumineux mais passablement légers; les déchets de plastique, par exemple, représentent 18 % du volume total des déchets, mais seulement 7 % de leur masse. Le verre, de densité beaucoup plus élevée, représente un faible pourcentage en volume, mais un plus gros pourcentage en masse. Ces différences sont importantes selon l'utilisation finale des données. Si l'on se préoccupe de la taille des décharges, le volume sera la mesure déterminante. Si l'on s'intéresse plutôt au gaspillage des ressources, la masse indiquera beaucoup mieux que le volume la quantité de matières premières utilisées pour un produit. Un contenant de plastique mousse renferme probablement beaucoup moins de matières premières qu'un contenant de papier ou de verre de même dimension (bien que l'on doive également tenir compte des déchets et des possibilités de recyclage associés au procédé de fabrication).

On peut aussi répartir les déchets par type de produit. Au Canada, ce sont les produits d'emballage qui ont fait l'objet des études les plus approfondies. Selon le Groupe de travail national sur l'emballage, on utilise plus de 5 millions de tonnes de matériaux d'emballage au Canada. Ce chiffre combine la fabrication et les importations de produits utilisés pour emballer des biens canadiens, moins les produits exportés pour utilisation à l'étranger (figure 25.5) mais il n'inclut pas les emballages des produits importés. Les produits d'emballage comprennent les sacs à provisions, les enveloppes protectrices et publicitaires des marchandises ainsi que les bouteilles, les cannettes, les cartons d'expédition, les feuilles de plastique, les palettes et d'autres emballages industriels que les consommateurs ne voient jamais. Le papier est le premier produit d'emballage, en masse; toutefois, le plastique, le verre, le bois, l'acier et l'aluminium occupent également une place importante. Un grand nombre de produits d'emballage sont déjà recyclés et un faible pourcentage de ceux-ci, plus spécialement le verre (bouteilles réutilisables) et le bois (palettes industrielles), sont même réutilisés.

FIGURE 25.4

Comparaison de l'importance relative, en masse et en volume, des divers types de déchets solides urbains des États-Unis.

Il convient de remarquer que le plastique représente un pourcentage plus élevé des déchets en volume qu'en masse et que l'inverse se vérifie pour le verre. Les proportions correspondantes pour le Canada ne sont pas connues, mais on peut supposer qu'elles sont semblables.

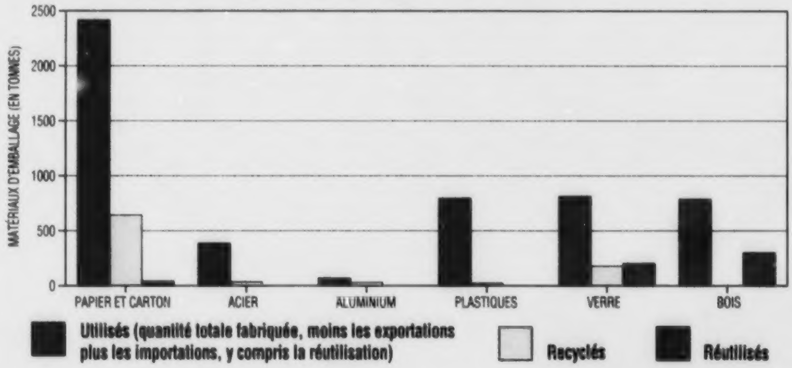


Source : U.S. Environmental Protection Agency, 1990.

FIGURE 25.5

Matériaux d'emballage (en tonnes) utilisés au Canada en 1988, y compris les emballages recyclés et réutilisés

Les quantités totales n'incluent pas les emballages des produits importés ou exportés.



Source : Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*a*.

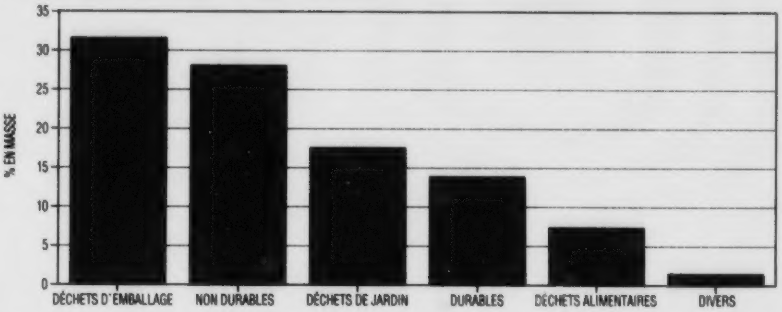
[3] Les chiffres pour le Canada ont été extrapolés des données ontariennes (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*a*).

Outre les emballages, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a défini plusieurs autres catégories de déchets selon les types de produits : les produits durables, les produits non durables, les déchets de jardin, les déchets alimentaires et les déchets divers (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1989). Il a été établi que les produits non durables représentent, après les produits d'emballage, la composante la plus importante des déchets; cette catégorie comprend des articles comme les journaux, les rasoirs jetables et les stylos, de même que les livres et les vêtements, peut-être parce qu'ils sont souvent jetés avant d'être usés. Si le pourcentage de produits non durables contenus dans les déchets solides urbains au Canada est le même qu'aux États-Unis (figure 25.6), les Canadiens jetteraient, chaque année, plus de 4,5 millions de tonnes de produits non durables.

FIGURE 25.6

Pourcentages, en masse, des déchets non durables, durables, d'emballage, de jardin, alimentaires et divers dans le flux des déchets urbains aux États-Unis, 1988

Les déchets non durables sont les journaux, les livres, les revues, les mouchoirs de papier, le papier de bureau et le papier à usage commercial, les vêtements, les chaussures et divers autres articles. Les déchets durables sont les gros appareils ménagers, les meubles, les pneus ainsi que divers autres articles. Les proportions correspondantes pour le Canada ne sont pas connues, mais on peut supposer qu'elles sont semblables.



Source : U.S. Environmental Protection Agency, 1988.

Si l'on applique aux déchets solides urbains du Canada les pourcentages relevés aux États-Unis pour les produits durables — la quatrième catégorie en importance —, 2 millions de tonnes de produits durables seraient jetés chaque année au Canada. Cette catégorie comprend notamment les gros appareils ménagers, les meubles, les pneus et de nombreux autres articles fabriqués pour une longue durée de vie mais qui sont usés ou qui ne fonctionnent plus.

LES PRATIQUES COURANTES D'ÉLIMINATION

On a toujours considéré les déchets comme quelque chose dont il fallait « se débarrasser ». Malheureusement, du point de vue pratique, ou heureusement, du point de vue de la conservation des ressources, les déchets ne disparaissent pas comme par enchantement. D'ailleurs, les amoncellements de déchets des premières populations aborigènes n'ont guère changé au cours des siècles. Bien entendu, comme ces déchets ne renferment pas de matières dangereuses, ils ne posent aucune menace pour l'environnement aujourd'hui : les quantités relativement faibles de déchets de sources entièrement naturelles se sont décomposées, et les os, les pierres, la poterie ainsi que les autres matières durables attendent les archéologues.

Aujourd'hui, le Canada édifie des montagnes de déchets impressionnantes que fouilleront les archéologues des générations à venir. En 1988, les 10 000 décharges du Canada ont reçu 13 millions de tonnes de déchets urbains, dont 200 000 t de cendres résultant de l'incinération de ce qui aurait représenté 1,3 million de tonnes supplémentaires de résidus urbains. Souvent, pour en réduire le volume, on comprime les déchets dans des camions spécialement conçus à cette fin; ce compactage peut se faire durant la cueillette, aux postes de transit ou sur le site de la décharge.

Les décharges

De nos jours, la mise en décharge représente, de loin, l'option de gestion des déchets la plus communément adoptée par les municipalités du Canada (voir la figure 25.1). Nombre de décharges ne sont rien d'autre que des dépotoirs rudimentaires : les déchets sont laissés sur le sol où ils se dégradent jusqu'à ce que d'autres charges de déchets viennent les recouvrir. Certaines sont des décharges contrôlées, c'est-à-dire qu'elles font l'objet d'une surveillance visant à empêcher le versage de matières dangereuses et que des précautions sont prises sur les lieux pour protéger la santé et la sécurité du public et pour préserver le milieu naturel (voir l'encadré 25.1). Le chapitre 14 traite des décharges servant de dépôts de déchets dangereux.

Les décharges types produisent des milliers de litres de lessivats, une sorte de « boisson » résultant de la dissolution ou de l'entraînement par les eaux de pluie ou les eaux souterraines de substances minérales et organiques issues de la décomposition des déchets. Les décharges contrôlées produisent des lessivats à des rythmes différents selon le type de surface et les méthodes d'aménagement et d'exploitation. Des problèmes se présentent lorsque les lessivats contaminent les eaux souterraines et les eaux de surface, empoisonnant ainsi l'eau potable et peut-être la chaîne alimentaire. Dans quelques décharges contrôlées aménagées récemment, des écrans faits de sol comprimé ou de matériaux synthétiques et un système de drains acheminent les lessivats soit à des centres de

TABLEAU 25.2

Concentrations (en parties par million) de certains métaux lourds présents dans les lessivats d'une décharge municipale

Métaux lourds	Plage des concentrations dans le lessivat brut	Recommandations sur la qualité de l'eau pour la protection des organismes aquatiques d'eau douce[a]
Arsenic	< 0,001 – 0,011	0,05
Cadmium	< 0,001 – < 0,003	0,0002 – 0,0018
Cuivre	0,3	0,002 – 0,004
Manganèse	0,5 – 4,73	Aucune recommandation[b]
Plomb	< 0,006 – 0,043	0,001 – 0,007
Zinc	0,12 – 1,38	0,03

[a] Ces concentrations ne peuvent être appliquées aux lessivats bruts. Elles s'appliquent à la qualité de l'eau des cours d'eau et des lacs. Après dilution des lessivats dans les eaux de surface, les concentrations indiquées dans ce tableau seraient inférieures aux valeurs établies dans les recommandations.

[b] La recommandation pour la concentration de manganèse dans l'eau potable est de ≤ 0,05 ppm.

Source : District de la région métropolitaine de Vancouver, 1988. Les recommandations pour la qualité de l'eau figurent dans un dépliant récapitulatif (Environnement Canada et Santé et Bien-être social Canada, sans date).

TABLEAU 25.3

Constituants des gaz de décharge sur un site utilisé pour l'élimination des déchets solides urbains et industriels

Les résultats ne sont pas représentatifs des émissions d'une décharge municipale conforme aux normes actuelles; toutefois, ils s'appliquent à des sites fermés qui ont été exploités selon des normes de pollution moins strictes. On a obtenu ces résultats en établissant la moyenne des résultats de sept points d'échantillonnage dans une décharge.

Principaux constituants	% de la quantité totale de gaz émis[a]
Méthane	53,4
Dioxyde de carbone	24,9
Azote	9,6
Oxygène	0,9
Autres hydrocarbures[b]	0,1

[a] Les pourcentages respectifs du méthane, du dioxyde de carbone, de l'oxygène et de l'azote peuvent varier de ±3%; c'est pourquoi leur somme ne correspond pas à 100%.

[b] Ce groupe comprend le dichlorométhane (0,5 ppm), le benzène (1,5 ppm) et le toluène (13,3 ppm). Ces hydrocarbures figurent tous dans la Liste des substances d'intérêt prioritaire pour évaluation immédiate en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (voir les chapitres 14 et 21).

Source : Upper Ottawa Street Landfill Site Study, 1986.

traitement avant leur évacuation hors du site, soit dans le réseau d'égouts municipaux d'où ils parviendront à une station municipale de traitement des eaux usées. Les lessivats, s'ils ne sont pas recueillis, peuvent polluer les cours d'eau et les eaux souterraines. Les concentrations de contaminants dans les lessivats sont faibles (tableau 25.2). Néanmoins, la présence de métaux lourds comme le plomb et le cadmium peuvent justifier certaines inquiétudes en raison des risques de bioaccumulation (voir aussi le chapitre 21).

Les décharges produisent également des « gaz de décharge », surtout du méthane, provenant de la décomposition anaérobie des matières organiques contenues dans les déchets enfouis. À mesure qu'ils remontent à travers les couches de déchets de la décharge, ces gaz sont contaminés par des substances volatiles dont bon nombre sont toxiques. Le tableau 25.3 montre la composition des gaz qui s'échappent d'une décharge contenant des déchets industriels et des déchets urbains. Ceci n'est pas représentatif des gaz généralement produits dans une décharge contrôlée moderne, mais un grand nombre d'anciens dépotoirs canadiens, dont certains sont toujours ouverts, n'ont pas été surveillés adéquatement et contiennent un mélange de déchets industriels et urbains qui seraient refusés aujourd'hui. Parfois, on récupère et on brûle les gaz de décharge sur le site au lieu de les laisser s'échapper et polluer l'atmosphère. Par exemple, le méthane de ces sites représente 49 % du méthane d'origine anthropique au Canada (A. Jacques, Environnement Canada, communication personnelle). Le méthane libéré dans l'atmosphère influe sur le climat de la planète (voir le chapitre 22). Le méthane produit par les décharges peut aussi migrer latéralement dans le sol, parfois sur plusieurs centaines de mètres, et s'infiltrer dans les immeubles. En concentrations suffisantes, il constitue avec l'air un mélange explosif; c'est pourquoi il est déconseillé de construire un immeuble au-dessus d'une ancienne décharge ou à proximité d'un tel site.

Les décharges posent aussi un problème environnemental parce qu'elles soustraient des terres à l'exploitation agricole, aux activités récréatives, à l'aménagement d'habitats fauniques ou à l'habitation par exemple. Elles peuvent être une source d'odeurs, de poussières et de déchets sauvages et attirer des oiseaux et animaux sauvages nécrophages. La circulation des camions et l'utilisation d'équipement lourd font beaucoup de bruit et sont une source de fumées.

Il devient de plus en plus coûteux de trouver des sites pour les décharges, de les aménager, de les exploiter, de les surveiller et d'assurer leur entretien après leur fermeture (voir l'encadré 25.1). Selon une enquête effectuée pour le compte de la Fédération canadienne des municipalités (1990) auprès de 71 municipalités, d'ici deux ans, on aura rempli les décharges desservant 22 % de la population canadienne. En 1995, le chiffre aura grimpé à 71 %. Il sera difficile et onéreux de trouver de nouveaux sites, car les collectivités s'opposent généralement à tout nouveau projet d'aménagement de ce type.

La question des décharges soulève des difficultés particulières dans le Nord canadien. Dans l'Arctique, les déchets sont souvent empilés sur le sol gelé et recouverts uniquement de roches et de gravier. Des déchets de toutes sortes, y compris des eaux usées brutes et des produits chimiques d'origine indus-

ENCADRÉ 25.1

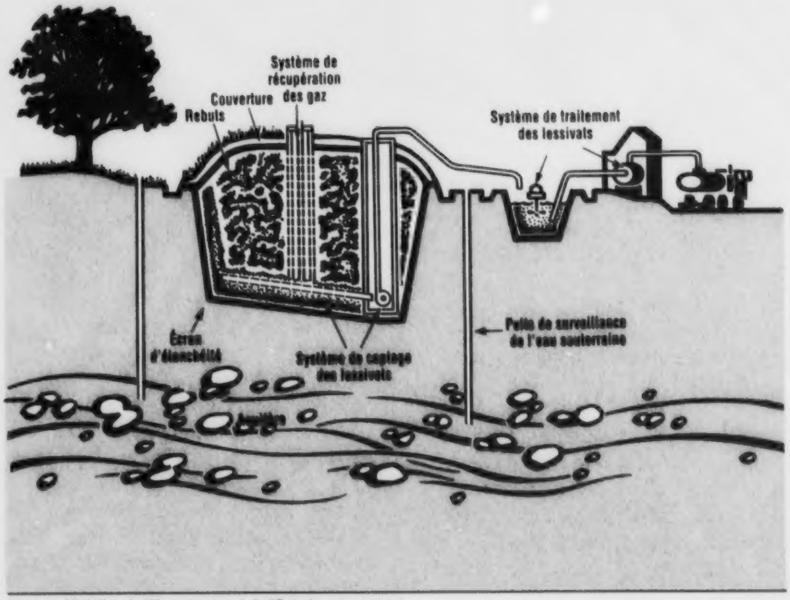
Les décharges ultra-modernes

Cousine éloignée du dépotoir municipal rudimentaire, qui était parfois mal situé et dont le contenu et l'impact sur le milieu environnant faisaient l'objet d'une surveillance plutôt sommaire, la décharge ultra-moderne (figure 25.E1) est aménagée dans un site judicieusement choisi et est équipée de systèmes de captage des lessivats et de récupération des gaz de décharge; elle reçoit uniquement certains types de déchets (exception faite des matières dangereuses contenues dans les produits ménagers qui se trouvent dans les déchets solides urbains) et elle est soumise à des mesures de surveillance et d'entretien le temps qu'il faut après sa fermeture. Par conséquent, une décharge contrôlée peut entraîner des coûts exorbitants. Le tableau 25.E1 indique les coûts hypothétiques liés à trois décharges de taille différente et comportant des systèmes différents de captage des lessivats. Dans chaque cas, l'entretien continu de la décharge, après sa fermeture, représente le poste de dépenses le plus élevé.

À l'heure actuelle, la plupart des décharges canadiennes ressemblent davantage au dépotoir rudimentaire qu'à la décharge ultra-moderne. Toutes contiennent des ordures ménagères dangereuses. On trouve dans certaines un mélange important de déchets industriels lourds et toxiques, triste héritage d'une époque où l'on était moins conscient des dangers de la pollution de l'eau, du sol et de l'air.

FIGURE 25.E1

Décharge contrôlée avec captage des lessivats et récupération des gaz



Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse.

trielle, se côtoient souvent dans un même site. En raison du froid, le processus de décomposition est négligeable et les organismes pathogènes survivent longtemps à l'état gelé. De tels dépotoirs peuvent avoir de graves répercussions sur l'environnement fragile de l'Arctique.

L'incinération

Une grande proportion des déchets qui ne sont pas éliminés dans les décharges sont incinérés. Dans le passé, la plupart des gens brûlaient beaucoup de déchets; ceux-ci ne s'ajoutaient donc pas aux déchets urbains. Certains continuent à brûler des papiers et des déchets alimentaires dans des poêles à bois ainsi que des feuilles mortes et autres déchets de jardin à l'extérieur[4]. Aujourd'hui, certains déchets sont brûlés à l'air libre dans des décharges ou dans des incinérateurs municipaux à fosse ouverte; d'autres sont éliminés dans des incinérateurs, dont certains sont conçus pour récupérer l'énergie produite par la combustion. Il existe, au Canada, 16 incinérateurs de déchets solides urbains brûlant chacun au moins 15 t de déchets par jour. On estime à 1,3 million de tonnes la quantité de déchets solides urbains brûlés en 1988, avec récupération d'énergie dans plus de la moitié des cas (voir la figure 25.1). De plus, des quantités importantes de déchets sont brûlées dans des incinérateurs privés. Par exemple, dans de nombreux immeubles d'habitation, les résidus sont brûlés dans un incinérateur et les hôpitaux incinèrent souvent leurs déchets médicaux.

[4] La combustion de déchets et de feuilles à des températures relativement basses, comme cela se produit dans les poêles à bois et les feux de jardin, entraîne la formation de grosses particules en suspension et de suie. Cette dernière peut s'accumuler à l'intérieur de la cheminée du poêle à bois et bloquer la circulation de l'air chaud, ce qui peut entraîner l'émission de polluants atmosphériques toxiques dans la maison ou faire exploser le poêle à bois. À l'extérieur, la fumée et la suie peuvent réduire la visibilité et causer des problèmes de santé à court terme comme des quintes de toux, une irritation des yeux ou des bronches et des crises d'asthme. Ces particules pourraient aussi être contaminées par des produits chimiques toxiques comme les HAP, les dioxines et les furanes (voir le chapitre 14).

TABLEAU 25.E1

Coûts hypothétiques de trois décharges ayant des tailles et des caractéristiques différentes

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Capacité totale (t)	100 000	2 000 000	20 000 000
Distance moyenne de transport (km)	30	20	20
Sols	Argile	Till	Till
Gestion des lessivats	Atténuation naturelle	Traitement et pompage dans le réseau d'égouts	Traitement et pompage dans le réseau d'égouts
Coûts			
Redevance exigée pour le recouvrement des coûts	96,39 $	36,10 $	23,24 $
Approbations techniques	911 405,00 $	1 443 514,00 $	2 193 122,00 $
Compensation	311 405,00 $	543 514,00 $	1 193 122,00 $
Aménagement	790 950,00 $	4 146 094,00 $	24 262 799,00 $
Coût d'exploitation	247 524,00 $	2 417 762,00 $	17 119 344,00 $
Remplacement d'équipement	441 088,00 $	1 114 000,00 $	1 114 000,00 $
Traitement des lessivats			
- coûts en capital	229 088,00 $	2 221 906,00 $	10 146 607,00 $
- coûts d'exploitation	3 000,00 $	167 148,00 $	708 523,00 $
Fermeture du site	19 460,00 $	259 324,00 $	2 709 692,00 $
Entretien annuel postfermeture	29 631,00 $	230 841,00 $	1 211 234,00 $
Fonds requis pour la fermeture	1 084 908,00 $	10 448 146,00 $	61 823 712,00 $

Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario, sous presse.

L'incinération complète des déchets exige une température très élevée. Si cette dernière est trop basse et qu'il n'y a pas de dispositifs antipollution adéquats, de grandes quantités de produits chimiques toxiques peuvent être rejetées dans l'atmosphère (tableaux 25.4 et 25.5). Les incinérateurs récents permettent de réduire les émissions de polluants atmosphériques toxiques et de polluants à l'origine des dépôts acides, mais ils rejettent encore du dioxyde de carbone — un gaz à effet de serre — ainsi que de faibles quantités de gaz acides. Même les incinérateurs conformes aux nouvelles directives (quatre installations traitant plus de 50 % des déchets incinérés au Canada) produisent des cendres. Les résidus de combustion (cendres lourdes, 80 % du total) et les particules en suspension recueillies dans le système de dépoussiérage atmosphérique (cendres volantes, 20 % du total) sont généralement contaminés par des produits chimiques organiques toxiques et des métaux lourds (tableau 25.6). Les cendres d'incinérateurs devraient être soumises à des tests et, si elles sont jugées dangereuses, elles devraient être éliminées dans une décharge autorisée à recevoir les déchets industriels dangereux. En 1988, environ 100 000 t de cendres ont été éliminées dans des décharges municipales au Canada; de plus, 100 000 t ont été enfouies dans des décharges conçues spécialement pour les cendres d'incinérateurs.

L'expérience acquise révèle qu'il est tout aussi difficile de déterminer l'emplacement d'un incinérateur que celui d'une nouvelle décharge. Par exemple, la ville de Windsor, en Ontario, s'est récemment opposée à la mise en service d'un incinérateur dans la ville voisine de Détroit, au Michigan, en intentant des poursuites visant à faire installer un système antipollution plus efficace, et par conséquent, plus coûteux que prévu (Colborn et collab., 1990).

LES NOUVELLES ORIENTATIONS EN MATIÈRE DE GESTION DES DÉCHETS

Les Canadiens ont mis la gestion des déchets au rang des grands problèmes environnementaux de la décennie. Beaucoup de travail a déjà été fait pour changer cette mentalité du « tout-au-rebut » des Canadiens et pour veiller à ce que les activités nécessaires d'élimination respectent les normes les plus sévères possible, mais on peut encore faire mieux. En 1990, les ministres fédéral et provinciaux de l'Environnement ont adopté le Protocole national sur l'emballage (voir l'encadré 25.2), qui vise à réduire sensiblement la quantité de déchets mis en décharge. Plusieurs provinces ont fixé des objectifs de réduction des déchets. Par exemple, la Colombie-Britannique envisage d'interdire la mise en décharge de certains produits (p. ex., les articles en carton, les piles et les pneus) dès que des marchés auront été établis pour leur recyclage. Plusieurs municipalités de l'Ontario appliquent déjà certaines interdictions du genre (p. ex., pour le carton, les panneaux de gypse et le bois).

La plupart des stratégies visant à réduire la quantité de déchets mis en décharge se fondent sur « les 4R de la gestion des déchets » : réduction à la source, réutilisation, recyclage et récupération. Au moins une province, l'Ontario, et plusieurs groupes de protection de l'environnement ont adopté une stratégie s'inspirant de trois des « 3R » : réduction à la source, réutilisation et recyclage. Certains de ces groupes ajoutent, au début de cette énumération, un autre R pour « refus ». En d'autres mots, les consommateurs devraient refuser d'acheter des articles qui ne sont pas essentiels ou qui produisent trop de déchets.

À ce jour, la contribution des 4R à la réduction des déchets a été grandement restreinte parce que l'on n'a pas tenu compte, à l'étape de la conception des

ENCADRÉ 25.2

Des emballages respectueux de l'environnement

Les consommateurs écologistes, qui apportent leur propre sac au marché d'alimentation, qui rapportent les boîtes de gâteaux réutilisables à la pâtisserie et qui sont à l'affût de nouvelles sources de biens non conditionnés ont un nouvel allié : le Protocole national sur l'emballage. Ce protocole recommande effectivement à tous, des petits consommateurs jusqu'à l'industrie du conditionnement et aux détaillants, d'appliquer de telles mesures. Initiative pancanadienne d'application volontaire du Conseil canadien des ministres de l'Environnement, le Protocole vise à réduire de 35 % la quantité d'emballages contenus dans les déchets solides urbains. Il recommande les politiques suivantes :

« 1. Tout emballage aura un minimum d'effets sur l'environnement. »

Au chapitre de l'impact des emballages sur l'environnement, il faut tenir compte notamment de l'épuisement des ressources vierges, des options d'élimination, de l'utilisation d'énergie pour la production et le transport, de même que des toxines produites par les procédés de fabrication.

« 2. La gestion de l'emballage se fera en priorité par le biais de la réduction à la source, du réemploi et du recyclage. »

L'ordre de préférence est le suivant : (i) aucun emballage, (ii) un emballage minimal, (iii) un emballage réutilisable et (iv) un emballage recyclable et un emballage contenant des matières recyclables. Cette partie du Protocole traite en outre des normes et des objectifs relatifs au contenu de matières recyclées dans les emballages, de l'infrastructure du recyclage et de la réutilisation, et des marchés pour les matières recyclées.

« 3. Une campagne permanente d'information et d'éducation sera mise sur pied afin de faire connaître à tous les Canadiens les fonctions des emballages et leurs impacts sur l'environnement. »

« 4. Ces politiques s'appliqueront à tous les emballages utilisés au Canada, incluant les importations. »

« 5. En conformité avec ces pratiques, des règlements seront mis en application selon leur nécessité. »

« 6. Toutes les politiques et pratiques gouvernementales affectant l'emballage devront être conformes à ces politiques nationales. »

Un Système national de surveillance des emballages a déjà été mis sur pied et, dans le cadre de ce système, Statistique Canada a, en avril 1991, fait parvenir à 10 000 établissements des questionnaires sur leur utilisation des emballages (R. Squires, Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada, communication personnelle). Une enquête sera également effectuée auprès des recycleurs. Grâce à la base de données qui sera constituée à partir de ces enquêtes, il sera possible de vérifier dans quelle mesure les objectifs suivants du Protocole seront atteints :

- D'ici le 31 décembre 1992, les emballages destinés à l'élimination (en décharge ou par incinération) ne devront pas représenter plus de 80 % (en masse) de la quantité de déchets de 1988.
- D'ici le 31 décembre 1996, l'objectif est de 65 %.
- D'ici le 31 décembre 2000, l'objectif est de 50 %.

La plupart des spécialistes de l'élimination des déchets et la majorité des consommateurs s'accordent pour dire que le Canada traverse actuellement une grave crise dans ce domaine. Le Protocole, mis au point par un groupe de travail formé de représentants de toutes les provinces et territoires, du gouvernement fédéral, des municipalités, des industries et des groupes de protection de l'environnement, est en fait une stratégie d'équipe destinée à trouver une solution à une composante très visible de cette crise.

Source : Conseil canadien des ministres de l'Environnement, sans date, et R. Squires, Environnement Canada, communication personnelle.

TABLEAU 25.4

Lignes directrices établies par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement pour les émissions de quatre contaminants à la cheminée des incinérateurs : chlorure d'hydrogène, monoxyde de carbone, dioxines et furanes totaux et particules en suspension

Ces émissions réduites sont considérées sans danger. Elles sont possibles lorsque les incinérateurs sont équipés de dispositifs antipollution (dépoussiéreurs à couche filtrante par voie sèche), que les conditions de combustion sont bonnes (mélange approprié de déchets combustibles) et que l'oxygène représente 11 % du mélange. Les concentrations émises par un incinérateur sans dispositif antipollution sont fournies à titre de comparaison.

Contaminant	Lignes directrices actuelles — Concentrations[a]	Lignes directrices actuelles — Méthode de surveillance	Incinérateur désuet sans dispositif antipollution[a]
Chlorure d'hydrogène (HCl)	75 mg/m^3 (50 ppmvs), ou élimination à 90%[b]	Continue, sur une moyenne courante de 24 heures	430 ppmvs
Monoxyde de carbone (CO)	57 mg/m^3 (50 ppmvs)[c]	Continue, sur une moyenne courante de 24 heures	150 ppmvs
Concentrations totales de dioxines et de furanes[d]	0,5 ng/m^3	Tel que précisé par l'organisme de réglementation responsable	250 ng/m^3
Particules en suspension	20 mg/m^3	Tel que précisé par l'organisme de réglementation responsable	6 300 mg/m^3

ppmvs = parties par million en volume sec.

[a] Toutes les mesures (volume sec excepté) portent sur les gaz de combustion à une température de 25 °C et à une pression de 101,3 kPa.

[b] La moins restrictive de ces exigences seulement.

[c] Les systèmes de combustibles dérivés des déchets devraient maintenir une limite de 114 mg/m^3 (100 ppmvs).

[d] Mesurées sous forme de facteurs internationaux d'équivalence de la toxicité d'après des essais relatifs à des isomères (types) donnés des dioxines et des furanes. (Voir l'explication des facteurs d'équivalence de la toxicité au chapitre 21.)

Source : Les lignes directrices émanent du Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*b*; certaines provinces peuvent s'en servir comme base de référence pour leurs règlements.

produits, de leur gestion comme déchet après leur utilisation par les consommateurs. Au Canada, étant donné que les coûts liés à cette gestion ont été en grande partie dévolus aux administrations locales, les producteurs ne sont guère incités à améliorer la conception de leurs produits.

Toutefois, l'importance accrue accordée à la gestion des déchets dans tout le pays incite désormais les fabricants à modifier la conception de leurs produits dans deux domaines d'importance primordiale :

- penser en fonction du recyclage, c'est-à-dire choisir des matériaux recyclables ou éliminer ceux qui entravent le processus de recyclage; et
- réduire la toxicité, c'est-à-dire éliminer les matériaux qui compliquent le processus de gestion à toutes les étapes du recyclage grâce à des substituts moins nocifs (les métaux lourds contenus dans les encres, les résines chlorées, les contaminants chimiques des colles et des revêtements, les stabilisants de métaux lourds dans les plastiques, etc.).

La réduction à la source

Par réduction à la source, on entend la réduction de la production de déchets. On peut atteindre ce but en adoptant notamment un style de vie simple, en choisissant des articles réutilisables de préférence aux articles jetables (p. ex., des sacs à provisions en tissu au lieu de sacs en plastique ou en papier), en intégrant l'impératif de la réduction des déchets à l'étape de la conception d'un produit, en utilisant des emballages plus légers ou en les éliminant entièrement et en améliorant les procédés industriels de manière à produire moins de déchets.

Très souvent, la réduction à la source peut être le fait d'un choix personnel. Dans certains cas, les pratiques de fabrication et de commercialisation devront être modifiées. Une plus grande réduction à la source pourrait également découler de l'adoption de règlements interdisant les produits qui entraînent le gaspillage ou exigeant une conversion à des systèmes plus respectueux de l'environnement.

Il est à remarquer que le terme « réduction à la source », tel qu'il est utilisé ci-dessus, désigne le fait de diminuer la quantité de déchets produits au départ. Toutefois, on entend souvent par « réduction des déchets » la diminution de la quantité de déchets mis en décharge. Ce dernier terme englobe les principes de la réutilisation, du recyclage et de la récupération. La définition de ces termes n'est pas encore bien établie, ce qui donne souvent lieu à une certaine confusion.

La réutilisation

La réutilisation désigne l'utilisation répétée d'un article de préférence à sa destruction. La vente de bière et de boissons gazeuses en bouteilles consignées à remplissage multiple plutôt qu'en cannettes ou en bouteilles de plastique jetables constitue, pour nombre de consommateurs, l'exemple le plus évident. Les produits comme les rasoirs et les stylos rechargeables ainsi que les appareils électriques réparables contribuent également à réduire la quantité de déchets parce qu'ils durent longtemps. Depuis bon nombre d'années, certaines organisations comme l'Armée du salut réparent et remettent en circulation des vêtements, des meubles et des appareils ménagers. Il est particulièrement difficile d'évaluer l'importance de la réutilisation; toutefois, les rares programmes à cette fin n'ont guère contribué, jusqu'à maintenant, à réduire la quantité globale de déchets.

TABLEAU 25.5

Émissions prévues de 11 contaminants (pour lesquels aucune ligne directrice n'a été établie quant aux émissions à l'incinérateur) provenant d'incinérateurs exploités conformément aux lignes directrices du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) pour les quatre contaminants indiqués au tableau 25.4

Les concentrations à la cheminée d'un incinérateur sans dispositif antipollution sont fournies à titre de comparaison.

Contaminant	Émissions[a] types prévues d'un incinérateur conforme aux critères du CCME	Émissions[a] d'un incinérateur désuet sans dispositif antipollution
Dioxyde de soufre	260 mg/m³ (100 ppmvs)	260 mg/m³ (100 ppmvs)
Oxydes d'azote (NO_x à l'état de NO_2)	400 mg/m³ (210 ppmvs)	400 mg/m³ (210 ppmvs)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	5 µg/m³	70 µg/m³
BPC	1 µg/m³	3 µg/m³
Pentachlorophénol	1 µg/m³	2,7 µg/m³
Polychlorobenzène	1 µg/m³	12 µg/m³
Plomb	50 µg/m³	34 000 µg/m³
Cadmium	100 µg/m³	1 500 µg/m³
Mercure	200 µg/m³	320 µg/m³
Arsenic	1 µg/m³	130 µg/m³
Chrome	10 µg/m³	2 000 µg/m³

ppmvs = parties par million en volume sec.

[a] Toutes les mesures portent sur les gaz de combustion à une température de 25 °C et à 101,3 kPa

Source : Les lignes directrices émanent du Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1989*b*; certaines provinces peuvent s'en servir comme base de référence pour leurs règlements. Les autres données proviennent du Bureau de la gestion des déchets, Environnement Canada.

TABLEAU 25.6

Analyse des contaminants relevés dans les cendres lourdes et les cendres volantes d'un incinérateur urbain[a]

Composés	Gamme type de concentrations de certains contaminants détectés dans les	
	Cendres lourdes	Cendres volantes
Composés organiques	(ng/g)	(ng/g)
Dioxines	n.d. – 0,16	0,7 – 1 040
Furanes	n.d.	1,4 – 373
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	0,23 – 968	18 – 5 640
Composés inorganiques	(µg/g)	(µg/g)
Cadmium	n.d. – 18	23 – 1 080
Chrome	984 – 3 170	86 – 1 070
Mercure	2,1 – 3,4	8,0 – 54
Plomb	1 000 – 9 900	1 400 – 26 000
Zinc	1 300 – 5 210	4 700 – 70 000

n.d. = non détecté.

[a] Incinérateur de déchets non conditionnés.

Source: Sawell et collab., 1990.

Le recyclage

Recycler signifie utiliser les composants d'un produit usagé pour fabriquer un nouveau produit. Parfois, le nouveau produit est identique au premier, comme les contenants de verre usagés que l'on fait fondre pour en fabriquer de nouveaux. Dans presque tous les cas, la consommation d'énergie et la pollution sont beaucoup moins grandes que si le produit était fabriqué à partir de matières premières (figure 25.7). Un autre type de recyclage, souvent appelé recyclage secondaire, entraîne la création d'un produit d'un genre différent du premier. Par exemple, les produits de plastique et de matières mixtes comme les boîtes de jus peuvent, une fois traités, entrer dans la fabrication de meubles de jardin et d'autres articles du genre.

Même si le terme « recyclage » ne figure dans le vocabulaire des Canadiens moyens que depuis peu, la pratique, elle, existe de longue date; par exemple, le recyclage des vieilles voitures remonte presque aux débuts de l'automobile. On utilise parfois ce terme pour désigner la réutilisation de certains matériaux contenus dans des produits qui ne sont jamais sortis de l'usine. Cette pratique existe, elle aussi, depuis fort longtemps. Bon nombre d'industries, dont celle des pellicules de plastique (par opposition à l'industrie du plastique rigide), réintroduisent souvent dans les trémies de fonte des rebuts de production ou des découpes provenant de la fabrication.

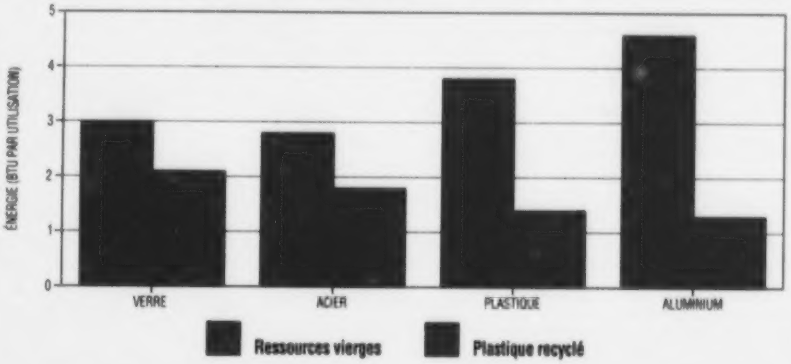
Au cours des années 1970, de nombreuses municipalités ont installé des conteneurs destinés à recevoir les produits à recycler ou ont encouragé l'aménagement de dépôts de recyclage par des compagnies locales ou des organismes sans but lucratif. Les particuliers et les entreprises pouvaient apporter à ces dépôts les produits qu'ils souhaitaient faire recycler. Encore aujourd'hui, de nombreuses localités exploitent des dépôts de ce genre.

En 1985, l'Ontario a approuvé les plans d'un programme de grande envergure prévoyant le recyclage de certains éléments des ordures ménagères. Ce

FIGURE 25.7

Économies réelles d'énergie résultant du recyclage du verre, de l'acier et de l'aluminium, par opposition à l'utilisation de ressources vierges, et économies théoriques d'énergie découlant du recyclage du plastique

L'aluminium, qui offre les meilleures économies, vient également au premier rang pour le pourcentage de déchets recyclés. Les plastiques, deuxièmes au chapitre des économies, ne font pas l'objet de recyclage primaire (en d'autres termes, le recyclage d'une bouteille de plastique ne produit pas une autre bouteille de plastique).



Source : Ross et Steinmeyer, 1990.

TABLEAU 25.7

Produits recueillis (en tonnes) dans le cadre du programme des boîtes bleues en Ontario, 1988–1991

Les valeurs pour 1990 et 1991 ne sont que des estimations.

Produit	1988	1989	1990	1991
Vieux journaux	86 000	171 000	218 000	283 000
Verre	37 000	49 000	62 000	80 000
Cannettes et polyéthylène téréphtalate[a]	8 000	24 000	30 000	39 000
Divers[b]	–	–	34 000	55 000
Total	**131 000**	**244 000**	**344 000**	**457 000**

[a] Le polyéthylène téréphtalate représente environ 5% de cette valeur.

[b] Les produits recueillis dans le cadre de programmes municipaux élargis de recyclage comprennent le plastique rigide, les papiers fins, le vieux carton ondulé ainsi que les appareils ménagers.

Source : D. Onn, ministère de l'Environnement de l'Ontario, communication personnelle.

programme est fondé sur l'utilisation de la boîte bleue®, un contenant de plastique résistant remis à chaque ménage et servant à séparer des autres ordures les journaux, les bouteilles de verre ainsi que les cannettes et les boîtes de conserve. Certaines municipalités font également la cueillette du carton ondulé ainsi que des contenants de plastique rigide. Les consommateurs mettent les articles à recycler dans des boîtes bleues qu'ils déposent en bordure du trottoir, le jour prévu pour la cueillette. Le programme des boîtes bleues a été financé conjointement par les municipalités, le gouvernement provincial, les fabricants de produits alimentaires, les éditeurs de journaux et les industries du plastique, de l'emballage et des boissons gazeuses. En juin 1990, plus de 2 millions de résidences ayant accès directement à la rue étaient desservies par ce programme, que l'on s'occupe maintenant d'étendre aux immeubles d'habitation ainsi qu'aux institutions et aux établissements commerciaux. On prévoit aussi élargir la gamme des types de produits recueillis. Par exemple, certaines municipalités mettent à l'essai un programme de cueillette de matières compostables. On lance actuellement des programmes de cueillette sélective dans la plupart des provinces.

Il est difficile de mesurer la quantité totale de matières recyclées. Le ministère de l'Environnement de l'Ontario estime que, entre 1988 et 1991, le programme de cueillette sélective a permis de détourner plus de 1 276 000 t de matières destinées aux décharges (tableau 25.7). En outre, son programme de détournement des déchets industriels aurait permis, de 1987 à 1989, de soustraire à la mise en décharge plus de 530 000 t de déchets solides non dangereux, 73 000 t de déchets dangereux et 15 millions de litres de déchets liquides industriels. Certaines industries, com-me celle du carton ondulé, signalent que le recyclage postconsommation de leurs produits a toujours été élevé.

Les dépôts continuent de jouer un rôle dans le recyclage, particulièrement dans les zones rurales; toutefois, la cueillette sélective devient la méthode de récupération des déchets recyclables la plus répandue dans les villes. Comme il a déjà été mentionné, 2 millions de ménages ontariens disposent de boîtes bleues. Les autorités provinciales du Québec estiment que, d'ici sept ans, 80 % de toutes les résidences de la province seront desservies par un programme de cueillette sélective. Dans les provinces de l'Ouest, plusieurs centaines de milliers de ménages participent déjà à de tels programmes. Dans les provinces atlantiques, on commence à mettre sur pied des programmes du genre. Les produits le plus souvent recueillis comprennent les journaux, les cannettes et les boîtes de conserve (aluminium et acier), les contenants de verre et, parfois, certains types de plastique.

En plus d'étendre les programmes de recyclage à un plus grand nombre de ménages au Canada, les responsables de la gestion des déchets mettent au point de nouveaux moyens de répondre aux besoins particuliers des diverses régions du pays, d'améliorer l'efficacité des programmes et d'augmenter le taux de récupération de certains matériaux. Ainsi, on a conçu de nouveaux véhicules de cueillette et d'autres machines spécialisées, de même que des sacs ou de plus grands contenants de stockage pour les immeubles d'habitation. On met également à l'essai le tri, par les ménages, des ordures ménagères « sèches » et « humides » en vue de leur recyclage et de leur transformation en compost.

Ces deux dernières années, les programmes de recyclage et la commercialisation des produits de consommation contenant des matières recyclées sont devenus des secteurs de croissance rapide, comme il est indiqué au tableau 25.7. Pour qu'il y ait recyclage, il faut que « la boucle soit bouclée », c'est-à-dire qu'il doit y avoir une demande pour les produits faits de matières recyclées. De plus, les produits portant la mention « contient des matières recyclées » ne renferment parfois aucun déchet de consommation, mais uniquement des matières recyclées de l'industrie qui n'ont jamais fait partie des déchets solides urbains. Les produits qui renferment des matières recyclées postconsommation sont ceux qui « bouclent la boucle » et qui permettent de réduire la quantité de déchets des ménages et des établissements dans les décharges.

À la fin des années 1980, la quantité totale de déchets mis en décharge a continué d'augmenter d'année en année dans toutes les municipalités canadiennes pour lesquelles on possède des données (Fédération canadienne des municipalités, 1990). Les programmes de recyclage en place n'ont pas entraîné de réduction majeure dans la mise en décharge des déchets; toutefois, selon une enquête effectuée en 1990 pour la Fédération canadienne des municipalités (1990) auprès de 55 municipalités, pas moins de 70 % des municipalités dans l'ensemble du Canada offrent au minimum à leurs résidents des dépôts de recyclage où laisser certains types de déchets.

Le compostage

Le terme compostage désigne le traitement de déchets organiques (p. ex., les déchets alimentaires, les feuilles des arbres et les tontes de gazon). Grâce à l'action des bactéries et d'autres microorganismes naturels, on obtient par fermentation un genre de terreau propre et sans danger pour l'environnement, appelé compost. Le compostage peut se faire en présence d'air (compostage aérobie) ou dans un contenant fermé ou encore sous terre (compostage anaérobie). Ce procédé reproduit les mécanismes naturels d'élimination des déchets biodégradables : insectes, vers de terre, champignons, bactéries et autres organismes décomposent les déchets végétaux et animaux pour les transformer en humus.

Le compostage peut se faire dans les arrière-cours des maisons ou dans les cours d'écoles; il peut aussi se pratiquer à grande échelle dans une installation centrale. Certains enthousiastes vont même jusqu'à composter leurs déchets organiques sur le balcon de leur appartement ou se servent de vermicomposteurs dans leur cuisine. Peu importe le lieu choisi, le compost, s'il est exempt de contaminants et de produits chimiques toxiques, est excellent pour rétablir la teneur organique des sols agricoles et horticoles.

Plusieurs municipalités fournissent à leurs habitants, gratuitement ou à peu de frais, des bacs pour le compostage des tontes de gazon, des feuilles et d'autres déchets de jardin, ainsi que des déchets de cuisine. En Ontario, plus de 30 000 de ces contenants ont été distribués en 1990. Quelques municipalités sont à mettre au point des programmes de cueillette à domicile de ce genre de déchets dans des contenants spéciaux en vue de leur compostage dans une installation municipale. Plusieurs entreprises du secteur privé exploitent déjà des usines de compostage, en général pour traiter les déchets de l'industrie de la transformation des aliments. On a estimé que le compostage pourrait, en théorie, permettre de réduire de plus de 30 % la quantité de déchets mis en décharge.

La récupération des ressources

Par récupération des ressources, on entend la récupération d'éléments ayant une valeur économique, ce qui comprend la récupération des matières par le recyclage, la récupération de l'énergie contenue dans les gaz de décharge ainsi que la récupération de l'énergie contenue dans les déchets. Le terme est souvent utilisé pour désigner la récupération de l'énergie des usines de traitement des déchets.

Les usines modernes de traitement des déchets peuvent récupérer une part importante de la valeur énergétique et calorifique des substances qui entrent dans la fabrication des biens. Les produits de plastique, par exemple, sont souvent faits de gaz naturel et leur fabrication nécessite beaucoup d'énergie. Si l'on fait brûler le plastique mis au rebut, on obtient l'énergie produite par le gaz naturel qu'il contient. On peut également récupérer une grande partie de l'énergie utilisée pour la fabrication de ces produits.

À l'heure actuelle, peu de nouvelles usines de récupération des ressources sont prévues; toutefois, des municipalités envisagent de brûler des déchets et de récupérer l'énergie ainsi produite. En outre, des industries incinèrent leurs propres déchets ainsi que certains rejets propres d'industries voisines afin d'en récupérer la valeur énergétique. Avec la hausse des coûts de l'énergie, on s'intéresse de nouveau à la récupération des matières à haute valeur énergétique contenues dans les déchets (surtout les fibres de papier, le plastique et le bois) pour produire du « combustible dérivé des déchets » comme substitut pour l'alimentation des chaudières à combustible solide.

Les ordures ménagères dangereuses

La Commission d'enquête sur les déchets dangereux (1990) du Québec a estimé que le consommateur « type » produit environ 2,5 kg d'ordures ménagères dangereuses par année. On s'inquiète de plus en plus de l'impact environnemental des matières dangereuses qui aboutissent dans les décharges. Il est à peu près certain que, dans les décharges sans écran d'étanchéité, ces matières s'échapperont un jour ou l'autre pour s'infiltrer dans les eaux de surface ou dans les eaux souterraines et les contaminer, et que d'autres matières dangereuses seront transportées hors du site par les gaz de décharge. Par contre, certains observateurs ont signalé que le contenu des décharges munies d'un écran d'étanchéité est en fait momifié, à l'exception des déchets alimentaires et végétaux qui subissent une lente dégradation (Rathje, 1989), et que ce phénomène est peut-être souhaitable pour éviter le lessivage des substances toxiques.

Il n'y a pas si longtemps, aucune solution ne s'offrait aux personnes qui souhaitaient se défaire en toute sécurité de produits domestiques dangereux, comme des combustibles. Aujourd'hui, les municipalités mettent en place divers services pour recueillir les déchets dangereux séparément des déchets solides urbains. Dans certaines collectivités, les citoyens peuvent, à l'occasion de certaines journées spéciales, apporter de petites quantités de déchets dangereux à un dépôt temporaire. À quelques endroits, ces dépôts sont même établis en permanence et demeurent ouverts à l'année. Les déchets y sont regroupés par type de produit et acheminés aux installations appropriées de traitement de déchets industriels. Dans la région de Durham, dans le sud de l'Ontario, un « taxi pour produits toxiques » ramasse, sur appel, de petites quantités de déchets dangereux dont les gens veulent se débarrasser de façon sécuritaire.

Il peut être difficile de déterminer quels déchets domestiques sont dangereux. Les étiquettes n'énumèrent pas tous les

ENCADRÉ 25.3

Les vieux pneus

Depuis que le dépotoir de pneus de Hagersville, en Ontario, a brûlé de façon incontrôlée pendant un mois en février 1990, entraînant l'évacuation de centaines de résidants, rares sont les Canadiens qui ne sont pas conscients de l'impérieuse nécessité de trouver des solutions de rechange aux dépotoirs de pneus. Le brûlage de grands stocks de pneus produit une combustion intense et des fumées qui contiennent des matières toxiques comme du benzène et du toluène; la chaleur intense ainsi dégagée fait fondre d'autres pneus, ce qui produit une substance huileuse qui peut se déverser dans les cours d'eau ou s'infiltrer dans le sol.

On estime à 19,5 millions le nombre de pneus de voitures et de camions qui sont mis au rebut chaque année au Canada. Plus de la moitié (62 %) de ces pneus prennent le chemin des décharges, où ils sont mélangés aux autres ordures — un pneu (non déchiqueté) occupe beaucoup de place comparativement à sa masse et peut, en raison de l'air qui y est emprisonné, « flotter » dans la décharge et remonter à la surface —, ou simplement entassés à des endroits désignés à cette fin. Par ailleurs, 14 % sont entassés dans des enceintes peu attrayantes et dangereuses pour l'environnement. Environ 18 % sont réutilisés ou recyclés chaque année. Les 6 % qui restent sont brûlés, surtout en Colombie-Britannique et à l'Île-du-Prince-Édouard, pour produire de l'énergie (p. ex., comme supplément de combustible dans les fours à ciment ou pour produire de l'électricité).

En 1990, environ 18,5 millions de pneus usagés étaient entassés dans des régions fortement peuplées du Canada. Bien que le nombre de pneus usagés en Ontario ait diminué de 11,5 millions avec l'incendie de Hagersville, il en restait 3,5 millions entreposés dans 60 sites. Au Québec, 12,5 millions de vieux pneus étaient toujours empilés dans 20 sites, même après l'incendie du dépotoir de Saint-Amable. La Colombie-Britannique et l'Alberta possèdent respectivement 0,5 million et 1,5 million de vieux pneus. Dans les autres provinces, les stocks sont moins importants ou inexistants.

Différentes mesures sont prises pour encourager la réutilisation et le recyclage des vieux pneus ainsi que pour réduire le recours à l'entreposage et à l'élimination. À divers programmes provinciaux viennent s'ajouter les efforts du Groupe de travail sur les vieux pneus du Conseil canadien des ministres de l'Environnement ainsi que ceux du Western Canada Scrap Tire Task Force.

Les solutions de rechange à l'empilement et à la mise en décharge des vieux pneus étaient déjà bien implantées avant que les caméras de télévision diffusent au reste du monde les images des nuages de fumée noire de Hagersville. Non seulement des pneus entiers ont été rechapés, mais certains ont également été utilisés comme bordures d'aménagement paysager, barrières de sécurité sur les autoroutes et récifs artificiels. D'autres ont été déchiquetés puis convertis en poudrette et réutilisés pour des produits de consommation comme la doublure de moquette ou encore mélangés à l'asphalte. Les pneus usagés peuvent être transformés en combustible ou être pyrolisés en vue de la production d'huile et de noir de carbone. Malheureusement, ces procédés et d'autres solutions de rechange n'ont pas permis, jusqu'à présent, d'absorber tous les vieux pneus produits au Canada. Dans l'esprit de la stratégie des 4R de la gestion des déchets, les Canadiens examinent la question des vieux pneus sous un éclairage nouveau.

Source : Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1990.

ingrédients d'un produit et ne précisent pas les concentrations d'ingrédients. La loi, au Canada, ne définit pas non plus ce que sont les déchets dangereux. Si un produit porte la mention « corrosif », « toxique », « réactif », « inflammable » ou un autre avertissement semblable, ce produit devrait probablement être éliminé de la même manière qu'un déchet dangereux s'il n'a pas été entièrement utilisé. Il reste, toutefois, que les produits dont l'élimination dans une décharge municipale présenterait des dangers ne sont pas tous étiquetés comme tels.

Les métaux lourds, les composés organiques toxiques et le chlore sont des ingrédients qui, en concentrations suffisantes, peuvent causer des problèmes dans les déchets solides urbains. Divers produits d'entretien ménager d'usage courant contiennent ces ingrédients. Le plomb, qui est un métal lourd, peut être utilisé dans les pigments de peinture, pour la soudure des cannettes et des composantes électroniques, ainsi que dans les batteries d'automobile, l'encre et le plastique. Les détachants ménagers, les huiles lubrifiantes pour automobile, les peintures au latex, les colles et le vernis à ongles contiennent parfois des produits chimiques organiques comme le benzène, le dichlorométhane, le toluène et le dichlorure d'éthylène. Le blanc de lessive au chlore est un déchet domestique dangereux, tout comme les produits qui contiennent du chlore, en raison du risque élevé d'oxydation des matières avec lesquelles le chlore entre en contact.

Parmi les autres déchets domestiques dangereux, on trouve les produits de nettoyage des carreaux, les shampooings pour tapis, les huiles et les combustibles usagés ou neufs, toutes les batteries et les piles (depuis les batteries d'automobile jusqu'aux piles AAA à teneur réduite en mercure), l'essence de térébenthine, les peintures et les teintures, les produits de préservation du bois, les pesticides, les produits de débouchage des renvois d'eau, les raticides, certains produits pour les soins des animaux de compagnie, certains produits de beauté, les produits chimiques pour les piscines et l'ammoniaque. Bien qu'ils ne soient pas des déchets dangereux, les pneus usagés (voir l'encadré 25.3) sont des déchets très visibles qui peuvent créer de graves problèmes dans les décharges. Ce sont des déchets qui proviennent aussi bien des ménages que des autres secteurs d'activité.

Certains pharmaciens travaillent en collaboration avec les consommateurs pour éviter que les produits pharmaceutiques ne prennent le chemin des décharges. Dans certaines régions, les produits sur ordonnance inutilisés peuvent être retournés à une pharmacie qui se chargera de les réunir et de les expédier avec ses propres lots de médicaments inutilisables à une installation d'incinération ou d'élimination appropriée.

Nombre de ménages découvrent des produits de remplacement moins dangereux, ce qui réduit la quantité de déchets dangereux tant à la maison que dans l'usine de fabrication.

Les innovations en matière de décharge

On aura beau vouloir trouver des solutions de rechange, il restera toujours un faible pourcentage de déchets qui devront être acheminés à une installation d'élimination. Selon certaines estimations, ces déchets résiduels devraient correspondre à 20 % au plus de la quantité de déchets actuellement mis en décharge. Il s'agirait de matières non recyclables et non combustibles comme les déchets de construction et les cendres d'incinérateur. Les déchets résiduels pourraient également comprendre de petites quantités de matières imprégnées de contaminants à un point tel qu'il est impossible, avec les moyens techniques actuels, de les séparer et de les recycler.

De nos jours, on utilise ou on met au point plusieurs techniques d'élimination en décharge pour pouvoir entreposer les déchets résiduels à long terme en toute sécurité. Dans une décharge contrôlée, un écran d'étanchéité synthétique ou d'argile isole les déchets. Des systèmes de captage des lessivats et de récupération des gaz de décharge à l'intérieur des écrans permettent d'assurer toute la protection humainement possible contre les fuites. Les décharges contrôlées peuvent contenir les déchets pendant au moins 25 ans (G. Ferraro, Conestoga-Rovers and Associates, communication personnelle).

Les installations de « stockage provisoire » sont une autre innovation dans ce domaine, une innovation qui procède de l'hypothèse qu'un jour, nous pourrons traiter les déchets pour lesquels il n'existe pas, à l'heure actuelle, de traitement sécuritaire. Conçues à peu près comme des entrepôts de manière qu'on puisse en retirer les déchets plus tard, ces installations peuvent être aménagées en surface ou sous terre, à condition qu'elles soient sécuritaires. Les décharges contrôlées et les installations de stockage provisoire étaient destinées, au départ, à recevoir les déchets industriels dangereux, mais on songe maintenant à s'en servir aussi pour les déchets solides urbains. Presque toutes les décharges urbaines conçues de nos jours sont aménagées de façon à pouvoir contenir les déchets.

On fait aussi appel à de nouvelles techniques pour déterminer l'emplacement des décharges. Les déchets ne sont plus empilés dans des marécages ou dans des carrières abandonnées. Aujourd'hui, on repère, par des études d'implantation, un certain nombre d'endroits où il pourrait être écologiquement acceptable d'aménager une décharge. Chaque emplacement fait l'objet d'essais poussés pour vérifier si le substrat est suffisamment imperméable. Les études tiennent également compte des effets possibles de la pollution atmosphérique, des répercussions sur les habitants de la région, de l'emplacement du site par rapport aux installations collectives, aux foyers pour personnes âgées, aux écoles, aux cimetières, aux sites historiques et culturels, à la flore et à la faune vulnérables et ainsi de suite. Le site n'est choisi qu'après l'évaluation de toutes les répercussions possibles sur l'environnement. Malgré tout, les résidants de la plupart des localités continuent de

s'opposer à l'aménagement de toute décharge ou installation de gestion des déchets dans leur voisinage. Les experts ont forgé le terme « pas dans ma cour » pour décrire ce genre d'opposition locale aux activités ou aux installations imposées par les autorités.

La gestion intégrée des déchets

Le terme « gestion intégrée des déchets » désigne soit une hiérarchie d'options de gestion des déchets — réduction à la source, réutilisation, recyclage, récupération des ressources et mise en décharge —, soit un processus de planification traitant la question des déchets dans son ensemble plutôt que chacun des éléments d'un système comme la mise en décharge ou l'incinération. De nos jours, nombre de municipalités canadiennes élaborent des plans directeurs de gestion des déchets où elles donnent un aperçu général de la stratégie qu'elles entendent adopter dans ce domaine au cours des 10 ou 20 prochaines années. Ces méthodes intégrées accordent généralement la priorité à la réduction à la source, à la réutilisation, au recyclage et au compostage, tout en tenant compte de la récupération de l'énergie contenue dans les déchets ainsi que de la mise en décharge des résidus.

Si l'on en est venu à recourir essentiellement à la mise en décharge, c'est en grande partie parce que l'on ignorait les véritables avantages, pour la société en général, d'une gestion des déchets respectueuse de l'environnement. Ce sont les mesures prises pour comptabiliser le coût réel des systèmes actuels de gestion des déchets qui sont le plus susceptibles de renverser cette tendance. Certaines collectivités canadiennes réduisent la fréquence des services de cueillette des ordures par souci d'économie et pour encourager la réduction à la source. Ces pratiques doivent déboucher sur une meilleure connaissance des déchets que nous produisons et polariser l'attention sur toutes les stratégies de réduction à la source.

CONCLUSION

Les déchets sont un sous-produit de notre système économique actuel. Ce système est fondé en grande partie sur l'exploitation rapide et à bon marché des ressources naturelles du Canada et ne tient pas compte des répercussions environnementales de la production des déchets, y compris les coûts de la gestion des déchets et la valeur des ressources gaspillées. Les objectifs ambitieux de réduction à la source fixés par plusieurs provinces et par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement mettent en cause nos principes et nos structures économiques de base et nous confrontent à toutes les décisions médiocres auxquelles notre société de consommation a donné droit de cité. Il nous faudra réexaminer objectivement non seulement la manière dont nous gérerons nos déchets à l'avenir, mais aussi nos systèmes de production et les valeurs qui orientent notre consommation.

Le peu de données fournies dans le présent chapitre témoigne bien de l'attitude « ni vus, ni connus » que nous avons adoptée à l'égard des déchets au Canada. Non seulement nous avons essayé d'oublier le problème, mais encore nous avons négligé systématiquement de recueillir des données sur la quantité de déchets que nous produisons ou sur les méthodes de gestion des déchets. Le Groupe de travail national sur l'emballage a créé un Système national de surveillance des emballages grâce auquel on pourra recueillir des données sur les déchets d'emballage (voir l'encadré 25.2). Appliqué à la production et à la composition de tous les déchets, un tel système contribuerait à réduire de 50 %, d'ici la fin du siècle, la production moyenne de déchets établie à environ 1,8 kg par personne et par jour en 1988.

Nombre de provinces et de municipalités ne font que commencer à mettre sur pied des programmes destinés à réduire la quantité de déchets et à accroître le recyclage. Malgré le nombre limité de données disponibles au moment de la rédaction du présent rapport, tout indique que, d'ici 1995, la mise en décharge des déchets pourrait diminuer d'au moins 25 % partout au Canada. Des changements majeurs se produiront au cours des cinq prochaines années; mais peut-être aussi disposera-t-on de données qui nous montreront le chemin parcouru et le chemin qu'il nous reste à faire.

OUVRAGES CITÉS

Colborn, T.E., A. Davidson, S.N. Green, R.A. Hodge, C.I. Jackson et R.A. Liroff. 1990. *Great Lakes, great legacy?* The Conservation Foundation, Washington, DC, et l'Institut de recherches politiques, Ottawa.

Commission d'enquête sur les déchets dangereux. 1990. *Les déchets dangereux au Québec.* Les Publications du Québec, Québec.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1989*a*. *Development of a National Packaging Protocol. Phase 1. Final report.* Préparé pour le Groupe de travail national sur l'emballage par MacLaren Engineers, Resource Systems Management International Inc., MWR and Associates et Coopers and Lybrand Consulting Group. Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada, Ottawa.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1989*b*. *Lignes directrices relatives au fonctionnement et aux émissions des incinérateurs de déchets solides urbains.* Rapport CCME–TS/WM–TRE 003. Winnipeg.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. 1990. *Inventaire et gestion des vieux pneus.* Groupe de travail du CCME sur les vieux pneus, Winnipeg (Manitoba).

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. Sans date. *Protocole national sur l'emballage.* Publication CCME–TS/WM–FS 020. Disponible auprès du Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Winnipeg.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement. Le 18 avril 1989. *Communiqué d'information.* Montréal.

Conseil des sciences du Canada. 1977. *Le Canada, société de conservation : Les aléas des ressources et la nécessité de technologies inédites.* Rapport n° 27, Ottawa.

District de la région métropolitaine de Vancouver. 1988. *Landfill leachates. Discharge sector discussion paper. Greater Vancouver liquid waste management Plan. Stage 1. Volume 2, Appendix E.* Burnaby (Colombie-Britannique).

Environnement Canada et Forêts Canada. 1990. *Étude sur le recyclage du papier de rebut (jusqu'à la fin de 1989).* Rapport définitif inédit. Préparé par Hatch Associates pour Environnement Canada et Forêts Canada. Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada et Santé et Bien-être social Canada. Sans date. *Notre eau comporte-t-elle des risques?* Ottawa.

Fédération canadienne des municipalités. 1990. *Survey report: solid waste management in Canadian municipalities.* Document inédit, préparé par Wallace Associates. Ottawa.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1990. *Pour une gestion durable des déchets : document de travail.* Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Sous presse. *The physical and economic dimensions of municipal solid waste management in Ontario.* Rapport préliminaire définitif préparé par CH2M Hill Ltd. Direction de la politique et de la planification, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto.

Ministère de l'Environnement du Québec. 1988. *Étude de la quantité et de la composition des déchets municipaux québécois et développement d'un modèle prévisionnel.* Québec.

Rathje, W.L. 1989. « Rubbish! » *The Atlantic Monthly,* 264(6) : 99–109.

Ross, M.H., et P. Steinmeyer. 1990. « L'énergie industrielle. » *Pour la science,* n° 157, novembre 1990 : 58–66.

Sawell, S.E., T.W. Constable et R.K. Klicus. 1990. *Ash characterization studies under the national incinerator testing and evaluation program.* Présentation à un symposium de l'Institute for Risk Research, Toronto, du 25 au 27 avril 1990.

Upper Ottawa Street Landfill Site Study. 1986. Rapport définitif inédit, présenté au ministère de la Santé de l'Ontario. Toronto.

U.S. Congress, Office of Technology Assessment. 1989. *Facing America's trash: what next for municipal solid waste?* OTA–O–424. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency. 1988. *Characterization of municipal solid waste in the United States, 1960–2000 (update 1988).* EPA/530–SW–88–033. Washington, DC.

U.S. Environmental Protection Agency. 1990. *Characterization of municipal solid waste in the United States, 1960–2000 (update 1990).* EPA/520–SW–90–042. Washington, DC.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Environnement Canada. 1990. *La réduction et le réemploi : les deux premiers « R » de la gestion des déchets.* Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Le recyclage au Canada.* Ottawa.

Environnement Canada. 1990. *Le recyclage du papier au Canada.* Ottawa.

Fédération canadienne des municipalités. 1990. *Canadian public opinion regarding selected environmental issues: summary report.* Document inédit, préparé par Angus Reid Group Inc., Ottawa.

Garbage: The Practical Journal for the Environment. C.P. 51647, Boulder, Colorado, 80321–1647. Six numéros par année.

McKechnie, R., W. Simpson-Lewis et V. Niemanis. 1983. « Les décharges contrôlées et leurs incidences sur les terres. » Pages 35–98 dans : Simpson-Lewis, W., R. McKechnie et V. Niemanis (réd.). *Les Terres du Canada : stress et impact.* Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1990. *A market development plan for recyclable materials for British Columbia.* Victoria.

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1990. *Les déchets dangereux chez soi.* Toronto.

Mitchell, B., et K. Hamilton. 1989. *Environmental data needs and availability.* Document ponctuel. Ministère de l'Environnement de l'Ontario et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Toronto.

REMERCIEMENTS

Colin Isaacs, expert-conseil en politique environnementale (Stoney Creek, Ontario), est le principal auteur de ce chapitre.

Toutefois, l'élaboration du chapitre aurait été impossible sans les contributions du personnel de la Direction de la gestion des déchets, Environnement Canada (Ottawa), notamment Dave Hay, Bob Christensen, Jacinthe Seguin, Abe Finkelstein et Tom Foote. Zev Kalin a apporté son concours en matière de recherche pour le compte du Rapport sur l'état de l'environnement.

Outre la révision assurée par des membres du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation approfondie du chapitre ont été effectuées par Derek Stephenson, Resource Integration Systems (Toronto), et Steve Shrybman, Association canadienne du droit de l'environnement (Toronto). Leurs contributions ont permis d'améliorer le texte et les données et d'enrichir les illustrations.

Divers représentants des gouvernements provinciaux ont fourni des informations et des commentaires : Janet Parkhill, ministère des Affaires municipales du Nouveau-Brunswick, Mike Leblanc, ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse, Robert Lauzon, ministère de l'Environnement du Québec, Dennis Onn, ministère de l'Environnement de l'Ontario, Dave Thompson, ministère de l'Environnement du Manitoba, Neil Thompson, ministère des Ressources renouvelables des Territoires du Nord-Ouest, Walter Bilawich, ministère des Ressources renouvelables du Yukon, et Dave Brown, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Nous tenons à remercier le ministère de l'Environnement de l'Ontario pour nous avoir accordé l'autorisation d'utiliser ses données sur la production et la composition des déchets en Ontario.

Sheila McCrindle, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée et corrigée par Susan Burns.

26

GRACIEUSETÉ DE LA DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES ENVIRONNEMENT CANADA RÉGINA

POINTS SAILLANTS

Sans habitat, la flore et la faune n'existent pas. Pourtant, l'habitat de nombreuses espèces animales et végétales sauvages du Canada est menacé par diverses activités humaines.

■

Environ un million d'hectares de forêts canadiennes sont récoltés chaque année; 18 à 25 % de cette superficie reste dénudée, malgré les activités de plantation et d'ensemencement et la régénération naturelle, ce qui entraîne une perte temporaire d'habitats pour les espèces vivant en forêt. Les habitats des vieilles forêts sont particulièrement préoccupants.

■

Depuis le début du siècle, la superficie des terres agricoles a quadruplé au Canada, entraînant une fragmentation des habitats : dans les Prairies, plus de 75 % des habitats pastoraux naturels et de la prairie-parc ont été transformés en terres agricoles. Dans plusieurs parties du sud du Canada, plus de 70 % de l'ensemble des milieux humides naturels ont été perdus, 85 % des pertes étant imputables à l'agriculture.

■

Les habitats sont également détruits ou dégradés par l'urbanisation, les marées noires, les activités et les effluents des industries et des villes ainsi que les aménagements hydroélectriques. Les polluants à l'origine des dépôts acides endommagent les habitats aquatiques, tandis que ceux qui entraînent le changement climatique menacent la stabilité de tous les écosystèmes.

■

Au Canada, la conservation des habitats repose de plus en plus sur une stratégie comportant deux volets :

- celui des paysages, qui permet une utilisation écologique des ressources ainsi que la protection de l'environnement de tous les paysages du Canada;
- celui des aires protégées, qui font partie d'un réseau national et qui sont représentatives de paysages plus vastes.

■

Des méthodes plus durables d'exploitation forestière, des pratiques culturales de conservation des sols, la réduction des contaminants et des programmes de gestion des terres contribuent à réduire les facteurs d'agression des habitats. Les parcs, les réserves écologiques et les autres territoires désignés protègent une plus grande superficie d'habitats. De nombreux programmes visent la protection et la mise en valeur des habitats, notamment le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, échelonné sur 15 ans et doté d'un budget de 1,5 milliard de dollars, le Programme d'établissement du couvert végétal permanent, qui favorise la conversion de terres agricoles marginales des Prairies en herbages et en habitats, 100 refuges d'oiseaux migrateurs, 45 réserves nationales de faune, le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental et la Campagne sur les espaces en danger.

■

Si nous voulons élaborer de saines politiques de gestion, il est vital et urgent de recueillir et d'analyser beaucoup plus de données écologiques que celles dont nous disposons actuellement.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 26-4

Les pressions exercées sur les habitats fauniques et floristiques 26-4
La foresterie 26-4
L'agriculture 26-6
L'urbanisation et l'industrialisation 26-8
La croissance démographique 26-8
L'introduction d'espèces exotiques 26-8
L'exploitation minière et l'énergie 26-9
La contamination des habitats aquatiques 26-9
Les dépôts acides 26-11
Le changement climatique 26-12
Les loisirs et autres activités dans les parcs et les autres aires protégées 26-13
Menaces indirectes diminuant la valeur des habitats 26-15

La conservation et la remise en état des habitats 26-15
La stratégie axée sur les paysages 26-15
Les paysages forestiers 26-16
Les paysages agricoles 26-17
Les paysages urbains et industriels 26-19
Les polluants des habitats canadiens 26-20
Les parcs 26-21
Les autres aires protégées 26-21

Conclusion 26-23

Ouvrages cités 26-23

Pour de plus amples renseignements 26-26

Remerciements 26-26

Liste des encadrés

26.1 Quelques effets des barrages et des réservoirs sur les habitats naturels . . . 26-10
26.2 Données sur les habitats : amélioration des banques de données incomplètes . . . 26-24

Liste des figures

26.1 Portion de la forêt boréale actuellement exploitée en vertu de tenures à long terme . . . 26-6
26.2 Pression exercée par les utilisations des terres sur les milieux humides du Canada . . . 26-7
26.3 Causes de la disparition de milieux humides au sud de 60° de latitude N au Canada . . . 26-8
26.4 Principaux itinéraires des navires-citernes et habitats importants dans le réseau des Grands Lacs . . . 26-11
26.5 Nombre de permis délivrés par le gouvernement de la Colombie-Britannique autorisant le déversement continu de rejets dans le Pacifique . . . 26-12
26.6 Secteurs marins fermés à la pêche aux coquillages et crustacés en raison de la contamination par des matières fécales en Colombie-Britannique, 1972–1988 . . . 26-13
26.7 Incidences potentielles du changement climatique sur les types d'habitats . . . 26-14
26.8 Habitats de la sauvagine d'importance particulière au Canada . . . 26-18

> **« Même le citadin le plus convaincu... doit disposer constamment d'eau non contaminée, d'air pur, de nourriture... et d'espace pour vivre dans un confort relatif, en toute sécurité et en harmonie. Les gens peuvent ne pas penser à ces besoins en termes « d'habitat humain », mais ces éléments sont néanmoins essentiels à la vie... Les terres et les eaux, qui assurent pratiquement tous les besoins de l'être humain, abritent également la plupart des espèces fauniques. Leur capacité biotique pour les poissons, les oiseaux et les mammifères est un bon indicateur de leur aptitude à satisfaire les besoins essentiels de l'être humain. »**
>
> Wildlife Management Institute, 1987

INTRODUCTION

La faune et la flore sont à la fois productrices et produits de leur environnement. Aucune plante ou aucun animal ne peut survivre sans réserves suffisantes de nourriture et d'eau et sans un espace vital approprié, bref sans un habitat adéquat. Même si de nombreux Canadiens savent reconnaître l'importance capitale de la faune et de la flore et s'y intéressent vivement, rares sont ceux qui saisissent réellement l'interdépendance complexe et dynamique des organismes et de leur habitat. On peut s'attarder à de menus détails plutôt qu'à l'ensemble de la situation écologique. Ainsi, le pour et le contre de la chasse à la sauvagine font l'objet de nombreux débats, tandis que l'assèchement à grande échelle des milieux humides qui constituent, pour cette même sauvagine, des aires de nidification et des haltes migratoires passe souvent inaperçu.

Les espèces sauvages procurent un large éventail d'avantages sociaux, économiques et écologiques aux Canadiens (voir le chapitre 6). Le Canada abrite plus de 72 000 espèces de plantes et d'animaux sauvages (tableau 6.1), signe d'une diversité biologique exceptionnelle. Malheureusement, à cause des menaces qui planent sur leur habitat, les perspectives d'avenir de nombreuses espèces sont loin d'être assurées. En 1991, le nombre d'espèces classées parmi les espèces en danger de disparition, menacées ou vulnérables s'élevait à 193 (tableaux 6.2 et 6.5), le plus souvent en raison de la disparition ou de la dégradation d'habitats essentiels. Plus que jamais, le Canada doit conserver des habitats adéquats s'il veut maintenir sa diversité biologique.

LES PRESSIONS EXERCÉES SUR LES HABITATS FAUNIQUES ET FLORISTIQUES

Les pressions exercées sur les habitats fauniques et floristiques peuvent se traduire par des variations de l'abondance, de la répartition et de la diversité d'habitats particuliers; on peut les évaluer d'après leurs répercussions sur la qualité et la quantité des habitats. Ces pressions peuvent être attribuées à des phénomènes naturels comme des incendies de forêt, des conditions climatiques extrêmes et des glissements de terrain, ou bien elles peuvent résulter directement ou indirectement de diverses activités humaines. Le présent chapitre aborde principalement les pressions dues aux activités humaines.

La foresterie

L'industrie forestière est le principal secteur de l'économie canadienne (voir le chapitre 10). C'est pourquoi il est capital que les Canadiens estiment à sa juste valeur la relation qui existe entre le processus d'extraction des ressources, que nous appelons foresterie, et la communauté naturelle complexe représentée par la forêt.

Les écosystèmes forestiers du Canada offrent une grande diversité d'habitats à des dizaines de milliers d'espèces végétales et animales. Afin d'assurer la viabilité des habitats forestiers, les méthodes d'aménagement forestier doivent prendre en compte les paramètres écologiques de chaque site. Pour ne donner qu'un seul exemple, mentionnons que les versants qui ne sont pas protégés par un couvert forestier peuvent être particulièrement vulnérables à l'érosion du sol et au lessivage des éléments nutritifs. La coupe à blanc qui, souvent, s'avère être la méthode d'exploitation la plus efficace, peut exposer des terrains forestiers à l'érosion. Il peut s'ensuivre un envasement qui accroîtra inutilement la quantité d'éléments nutritifs présents dans les habitats des cours d'eau et des lacs et entraînera également des glissements de terrain plus fréquents, obstruant les cours d'eau et détériorant les habitats aquatiques.

Au Canada, les forêts s'étendent sur près de 453 millions d'hectares, soit environ 45 % de la superficie terrestre totale du pays. Quelque 244 millions d'hectares sont constitués de terrains forestiers productifs (Forêts Canada,

1991). De 1986 à 1988, un peu plus d'un million d'hectares de forêts ont été exploités en moyenne chaque année. Seulement 299 518 ha de cette superficie ont été reboisés en 1986, 370 245 en 1987 et 413 291 en 1988 (Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990). En outre, entre 26 000 et 38 000 ha ont été directement ensemencés et 400 000 à 450 000 ha se sont régénérés naturellement (Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1990). Au cours de toutes les années antérieures à 1988, la régénération a été fructueuse sur moins de 75 % de la superficie exploitée (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). La situation s'est améliorée du point de vue des plantations : ainsi, en 1988, près de 82 % de la superficie exploitée a pu être régénérée avec succès (Forêts Canada, 1991). Toutefois, du point de vue écologique, le volume des activités de reboisement et les techniques utilisées ont des incidences considérables sur la survie de la faune forestière.

Pour être compatibles avec les besoins des espèces sauvages, les méthodes d'aménagement forestier doivent prévoir la conservation d'îlots boisés d'origine et ne permettre que des coupes d'écrémage dans les secteurs vulnérables. Les forêts doivent également abriter une variété de stades de succession propices à différentes espèces fauniques ainsi que des corridors de migration qui permettent aux espèces animales très mobiles d'avoir accès à des zones offrant des habitats intacts. Ce style d'aménagement forestier a notamment pour objectif d'assurer un large éventail de sources d'aliments, d'abris et d'autres conditions d'habitat aux espèces fauniques indigènes.

Les coupes à blanc peuvent être justifiées, du moins dans une certaine proportion, à condition qu'elles soient alternées avec d'autres méthodes de coupe. Ainsi, l'orignal, le cerf et le wapiti peuvent se nourrir d'espèces fourragères qui croissent en bordure des parterres de coupe rase; toutefois, ils ont également besoin de trouver à proximité un couvert dense pour s'abriter. Par contre, le caribou des bois préfère les peuplements plus âgés de conifères où il peut trouver des lichens en abondance. De vastes parterres de coupe rase peuvent empêcher le caribou d'avoir accès à des secteurs vitaux de son aire de répartition.

Il arrive trop souvent que, par souci d'efficacité, les parterres de coupe rase soient reboisés avec une seule essence au lieu d'une variété d'espèces d'arbres. La monoculture des résineux présentant un plus grand intérêt commercial est pratiquée aux dépens des essences feuillues, et la diversité de l'habitat s'en trouve réduite. Devant de telles modifications radicales, certaines espèces peuvent disparaître à l'échelle locale.

L'aménagement forestier, même lorsqu'il prend en compte les valeurs de la faune, peut être exclusivement axé sur des espèces-gibier. Le cerf, le wapiti ou l'orignal sont souvent utilisés comme des indicateurs de la santé de la forêt, selon le principe que les conditions qui leur sont favorables bénéficieront à toutes les espèces fauniques. Il n'en est pas toujours ainsi. Si le wapiti et l'orignal peuvent prospérer dans des zones de coupe récente, d'autres espèces comme l'ours brun, la martre, le caribou des bois et le pygargue à tête blanche dépendent de stades de succession plus avancés offrant des habitats de qualité différente. Ainsi, une terre qui serait aménagée uniquement dans l'intérêt de quelques espèces pourrait devenir inhabitable pour d'autres.

Depuis quelques années, la disparition progressive de certains types de vieilles forêts a suscité beaucoup d'intérêt et certaines controverses. Dans plusieurs régions, les pressions poussant l'exploitation de vieilles forêts ne cessent d'augmenter en raison des pénuries de bois et des gros profits possibles pour l'industrie forestière. Depuis quelques années, l'industrie, le gouvernement et les groupes environnementaux ont exprimé des opinions diamétralement opposées, notamment à l'égard de « points chauds » comme la forêt de Temagami, en Ontario, de même que l'île Lyell et les vallées Carmanah, Stein et Khutzeymateen, en Colombie-Britannique. Les vieilles forêts offrent des habitats essentiels à un certain nombre d'espèces fauniques, notamment la chouette tachetée (en danger de disparition) et l'alque marbrée (menacée). Les arbres morts encore sur pied sont répandus dans les vieux peuplements et revêtent une importance toute particulière pour ces deux espèces, notamment comme lieux de nidification. En Colombie-Britannique, 79 espèces de vertébrés dépendraient, en partie ou en totalité, des vieilles forêts (Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 1989). Toutefois, moins de 9,3 % environ des vieilles forêts côtières de la Colombie-Britannique existent encore (Foster, 1989).

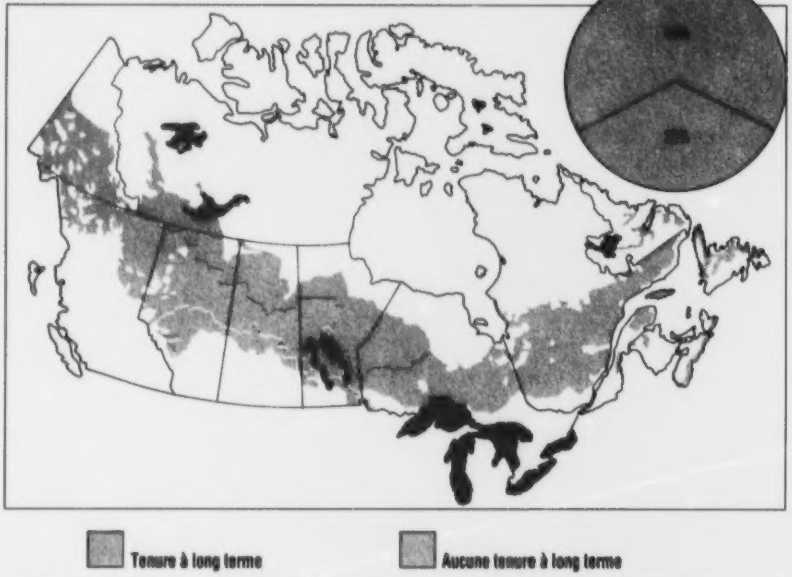
La forêt boréale (figure 26.1) couvre 34 % du Canada. C'est surtout une forêt de résineux dominée par des épinettes, des sapins et des pins, les principales essences feuillues étant les peupliers et les bouleaux. À l'heure actuelle, environ 65 % de la forêt boréale du Canada est exploitée en vertu de tenures à long terme (figure 26.1). C'est la presque totalité de la partie la plus productive de la forêt boréale du pays et elle englobe plusieurs réserves fauniques et parcs provinciaux (McLaren, 1990). De vives préoccupations ont été suscitées par l'incidence des activités forestières sur les habitats de la forêt boréale. Ainsi, en Alberta, une centaine d'espèces végétales ne se trouvent qu'en forêt boréale; cette dernière est également l'unique habitat de nidification de douzaines de parulines et l'aire d'estivage d'autres oiseaux chanteurs forestiers (McLaren, 1990).

Les opérations de coupe, en plus de perturber les communautés animales et végétales de la forêt, ouvrent de vastes zones de forêt à d'autres types de circulation. Ainsi, au Manitoba, les plans d'exploitation actuels prévoient notamment l'aménagement de 2 000 km de chemins forestiers (McLaren, 1990). De tels chemins favorisent l'extension des activités industrielles et récréatives dans des régions jusqu'ici isolées et, par suite du harcèlement incessant et de la chasse excessive, rendent souvent inaccessibles à de nombreuses espèces-gibier les habitats propices créés par

FIGURE 26.1

Portion de la forêt boréale actuellement exploitée en vertu de tenures à long terme

La forêt boréale couvre 34 % du Canada. Environ la moitié de cette superficie produit de la matière ligneuse de valeur commerciale.



Source : McLaren, 1990.

l'exploitation forestière. La construction de routes peut également favoriser l'envasement des cours d'eau et la dégradation de l'habitat du poisson.

L'agriculture

Depuis le début du siècle, les superficies vouées à l'agriculture au Canada ont quadruplé (Girt, 1990) et les habitats forestiers, palustres et pastoraux naturels ont été transformés en de vastes terres agricoles et en grands pâturages. Au départ, même à une échelle réduite, de telles transformations ont enrichi la diversité des organismes et des habitats, permettant en fait à certaines espèces comme la grande poule-des-prairies d'élargir considérablement leur aire naturelle d'origine. Toutefois, après la Deuxième Guerre mondiale, la forte demande alimentaire à l'échelle internationale et les améliorations apportées aux techniques agricoles se sont traduites par une expansion rapide de l'agriculture. Les régions d'habitats fauniques encore vierges sont devenues de plus en plus fragmentées, isolées et souvent trop petites pour permettre la survie de populations viables d'espèces autrefois abondantes. Lorsque leur habitat diminue, les espèces fauniques deviennent plus vulnérables aux stress causés par la maladie, la sécheresse, la prédation et la présence humaine. En empêchant une immigration en provenance d'autres régions, l'isolement a aussi empêché le rétablissement de populations en baisse; dans certains cas, des espèces locales ont même disparu (Thompson, 1987).

Jusqu'à tout récemment, de nombreuses mesures encourageaient les agriculteurs des Prairies à étendre leurs terres agricoles, mais rares étaient les initiatives visant à conserver les habitats fauniques. La *Loi sur la Commission canadienne du blé* établissait les contingents de livraison des céréales à partir de la superficie totale ensemencée et en jachère. Ce système incitait les agriculteurs à maximiser les superficies cultivées et à exploiter des terres qui, autrement, auraient eu une rentabilité marginale plutôt qu'à gérer leurs terres en fonction de leur productivité. Sur le plan financier, l'assèchement des milieux humides, le déboisement des berges et l'élimination des rideaux-abris visant à accroître les superficies en production étaient des options attrayantes pour les agriculteurs (Alberta Water Resources Commission, 1990). Cette politique fait l'objet d'un examen depuis 1987 et pourrait être modifiée, passant d'un système de contingentement des livraisons basé sur la superficie à un système basé sur le volume.

Dans l'ouest du Canada, moins de 1 % de la prairie originelle à herbes hautes existe encore. Même si les autres types de prairies ont été moins altérés, il ne reste cependant que 18 % de la prairie à herbes courtes autrefois abondante, 24 % de la prairie mixte et 25 % de la prairie-parc (Gauthier et Henry, 1989). Par conséquent, les espèces fauniques des Prairies, tributaires de ces types d'habitats indigènes, doivent donc subsister sur un quart ou moins de leur habitat originel. En Saskatchewan, une enquête effectuée entre 1976 et 1985 auprès de 25 municipalités a montré que les habitats indigènes disparaissaient à un rythme moyen de 1,2 % par année (Weins, 1990). En 1986, on avait mis en culture 75,4 % des 27 millions d'hectares de terres au sud de la forêt provinciale de la Saskatchewan. De 1980 à 1990, on a observé la disparition de 38,9 % des habitats de la prairie-parc dans un secteur d'étude de 800 000 ha du sud-est de la Saskatchewan (Weins, 1990). Dans la région de la rivière de la Paix, en Alberta, près de 36 000 ha (0,81 %) des terrains forestiers sont déboisés chaque année, surtout à des fins agricoles (voir l'encadré 5.1). Lors de bon nombre de ces conversions, des habitats naturels précieux ont été sacrifiés au profit de terres agricoles à productivité marginale. Ainsi, seulement 3,5 % des terres de la région d'étude de la rivière de la Paix offraient un potentiel élevé pour la sauvagine; environ 43 % des terres de cette petite étendue avaient pourtant été transformées en terres agricoles, en 1986, et 24 % pourraient être menacées par une expansion éventuelle de l'agriculture.

Sur le plan écologique, les milieux humides figurent parmi les paysages les plus importants du monde. Les étendues d'eau peu profondes, les marais d'eau douce ou d'eau salée et les autres types de milieux humides offrent des habitats de nidification et d'alimentation essentiels aux oiseaux ainsi que des frayères et des zones d'élevage aux poissons et aux coquillages et crustacés. À l'échelle nationale, plus de 155 espèces d'oiseaux, une cinquantaine d'espèces de mammifères et une énorme variété de plantes sont tributaires des milieux humides (Rubec et collab., 1988). Ceux-ci abritent les habitats de prédilection ou essentiels de près du tiers des espèces classées parmi les espèces en danger de disparition, menacées ou vulnérables par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (Federation of Ontario Naturalists et Environnement Canada, 1987). En Ontario, cette proportion atteint 86 %, puisque douze des espèces en danger de disparition dans cette province dépendent des milieux humides (Soil Conservation Society of America, 1987).

Pression exercée par les utilisations des terres sur les milieux humides du Canada

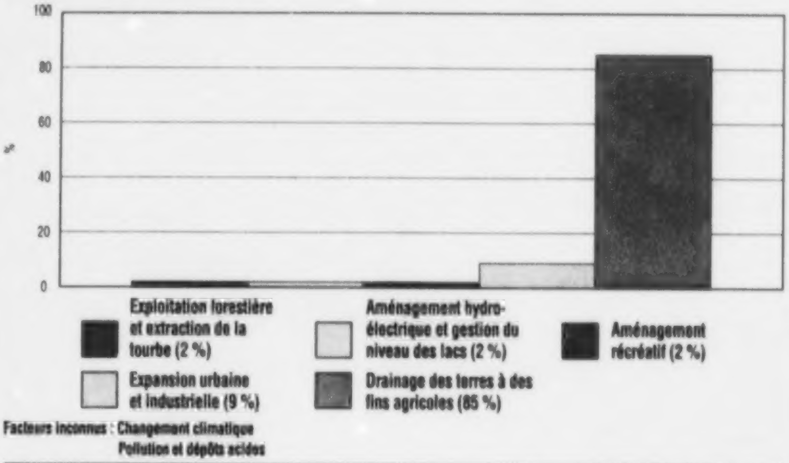
Source : Rubec, 1990.

Les milieux humides couvrent actuellement 14 % de la superficie du Canada, soit un total de 127 millions d'hectares (Environnement Canada, 1986), ou près du quart des milieux humides de la planète. Toutefois, depuis le début de la colonisation par les Européens, 80 % des milieux humides du delta du Fraser, en Colombie-Britannique, 71 % de ceux des Prairies, 70 % de ceux du sud de l'Ontario et 65 % des marais côtiers de l'Atlantique ont disparu, surtout par suite de l'expansion agricole (Environnement Canada, 1986). Le drainage agricole élimine encore chaque année environ 0,5 % des milieux humides de l'Alberta (Alberta Water Resources Commission, 1990). La figure 26.2 illustre les régions du Canada où les pressions exercées sur les milieux humides sont les plus fortes et met en évidence l'étroite corrélation avec les principales régions agricoles du pays. La conversion à des fins agricoles a été la cause de la disparition de 85 % des milieux humides du Canada (figure 26.3). La santé et la viabilité des derniers milieux humides dans les régions de fortes pressions sont en péril. L'agriculture intensive peut entraîner l'érosion du sol et, par conséquent, l'envasement des milieux humides, de même que la dégradation de la qualité de l'eau causée par le ruissellement des engrais, des pesticides et des sels lessivés du sol. En moyenne, 60 % ou plus des bassins des milieux humides et 80 % des habitats entourant ces bassins sont modifiés chaque année par l'agriculture dans les Prairies, souvent avec des incidences notables sur la sauvagine (Turner et collab., 1987).

L'érosion des sols et le lessivage des engrais et des pesticides dans les champs détériorent également d'autres types d'habitats. Le vent et l'eau entraînent chaque année plus de 277 millions de tonnes de sols agricoles (Hoechst Canada Inc., 1984). Les exploitations agricoles de l'Ontario déversent chaque année dans les Grands Lacs plus d'un million de tonnes de sédiments (Algie, 1988) qui asphyxient les frayères et détruisent les organismes aquatiques dont se nourrit le poisson. L'utilisation d'engrais au Canada a augmenté de 250 % depuis 1960, tandis que celle des pesticides s'est accrue de 300 % (Girt, 1990). Un usage inconsidéré des engrais et des pesticides peut endommager les habitats, voire détruire les micro-organismes du sol comme les champignons et les bactéries qui favorisent la cohésion des particules du sol. Avec la disparition de ces micro-organismes, le sol devient de plus en plus vulnérable à l'érosion hydrique et éolienne. Le lessivage des engrais entraîne un apport accru de phosphore et d'autres éléments nutritifs dans l'eau. Dans le bassin des Grands Lacs, les terres agricoles sont la source de 60 à 70 % de la totalité des

FIGURE 26.3

Causes de la disparition de milieux humides au sud de 60° de latitude N au Canada



Source : Clarke et collab., 1989.

sédiments et de 50 % de la charge de phosphore dans ces plans d'eau (Nowland et Halstead, 1986). Ces produits chimiques contaminent également les habitats côtiers. En 1988, la pollution causée par les engrais et les pesticides a nécessité la fermeture de la pêche aux coquillages et crustacés sur plus de 500 ha de zone intertidale sur la côte Ouest (Kay, 1989).

L'urbanisation et l'industrialisation

La croissance et l'expansion des centres urbains et industriels sont à l'origine de certaines des pressions les plus fortes exercées par l'être humain sur les écosystèmes indigènes. Qu'il s'agisse d'une simple occupation du territoire ou des effets secondaires complexes des activités menées dans ces centres, leur impact collectif sur les communautés naturelles peut être énorme.

La croissance démographique

La croissance démographique du Canada suit la même tendance ascensionnelle que celle du reste du monde. La population du Canada a augmenté de 72 % de 1951 à 1986 (Comité pour un Canada vert, 1989) et devrait atteindre près de 30 millions d'habitants d'ici l'an 2000. Tout accroissement de la population implique de plus grandes attentes en matière de prospérité économique, ce qui exerce des pressions inhabituelles sur les habitats fauniques et floristiques. Au cours des quatre dernières décennies, le milieu rural a été nettement délaissé au profit des collectivités urbaines (voir les chapitres 5 et 13). En 1986, on trouvait 76,5 % de la population totale dans des centres urbains de plus de 1 000 habitants (tableau 13.2). En même temps que s'accroît leur population, les centres urbains empiètent sur les terres rurales périphériques. Ainsi, de 1981 à 1986, près de 55 200 ha de terres rurales ont été urbanisés dans 70 villes canadiennes comptant plus de 25 000 habitants (Warren et collab., 1989). Ce type de transformation se traduit généralement par une diminution de la quantité et de la qualité des habitats.

Nous ne disposons pas de données récentes sur l'urbanisation de sites de haute qualité, mais un examen des tendances antérieures nous donne un bilan global. De 1966 à 1976, par exemple, 76 000 ha de terres ayant des possibilités élevées pour les ongulés et 11 000 ha de terres ayant des possibilités élevées pour la sauvagine ont été urbanisés dans les 80 centres urbains du Canada de plus de 25 000 habitants (Warren et Rump, 1981). Les centres commerciaux, les parcs industriels et les quartiers des affaires n'offrent des habitats qu'à quelques-unes des espèces fauniques les plus adaptables. Les habitats urbains tendent à avoir une faible diversité biologique. Toutefois, les oiseaux chanteurs, les écureuils, les ratons laveurs et les autres espèces qui vivent dans des habitats urbains — parcs, cour-arrière des maisons, rues bordées d'arbres, berges de rivières et terrains vagues — y pullulent souvent.

L'introduction d'espèces exotiques

L'introduction accidentelle ou délibérée d'espèces animales et végétales exotiques ou non indigènes est une forme subtile, mais insidieuse, de transformation de l'habitat. Elle peut se produire dans tous les types d'habitats et peut être attribuable à de nombreuses formes d'activités humaines ainsi qu'à la nature. Elle est toutefois généralement associée aux paysages urbains et agricoles environnants; en effet, des plantes ou des animaux importés s'échappent des jardins, des champs ou des cages et envahissent les habitats naturels.

En plus d'entrer en concurrence avec les espèces indigènes et d'entraîner leur déplacement, diminuant ainsi la biodiversité naturelle du Canada, les espèces exotiques peuvent quelquefois modifier de façon spectaculaire des écosystèmes entiers. Un exemple de taille est la propagation rapide de la salicaire pourpre dans une grande partie du sud du Canada (Environnement Canada, 1991). Depuis quelques années, cette plante a envahi les milieux humides de toutes les provinces et prolifère surtout dans le sud du Québec, de l'Ontario et du Manitoba. Elle forme des colonies pures et denses d'où sont virtuellement exclus les plantes et les animaux indigènes. Ses nombreux mécanismes de reproduction, dont une forte production de graines de grande longévité, la production de drageons racinaires, une reproduction végétative et la

capacité de pousser dans diverses conditions d'habitat, lui ont permis de dominer les sites qu'elle envahit. Cette plante exotique est devenue une plante vivace recherchée pour les jardins en raison de la beauté de son inflorescence, ce qui a facilité sa propagation au Canada. La vitesse à laquelle elle envahit les milieux humides, réduisant leur productivité, excluant les espèces indigènes et exerçant des pressions supplémentaires sur les communautés déjà menacées des milieux humides, est très préoccupante. Les gouvernements ont reconnu ce problème et tentent de le résoudre, mais les solutions sont difficiles à trouver. Plusieurs autres plantes exotiques, dont le jonc fleuri, les roseaux et le myriophylle verticillé d'Eurasie, dégradent également les milieux humides indigènes. Il reste encore à trouver des mesures efficaces de lutte et d'extermination de telles plantes, mais il est nécessaire d'élaborer des stratégies appropriées pour pouvoir réduire ou éliminer leurs effets.

L'exploitation minière et l'énergie

L'industrie minière est un des principaux piliers de l'économie canadienne (voir le chapitre 11), mais les avantages économiques sont liés à des coûts sur le plan environnemental. Non seulement les bassins de résidus, les terrils, les mines à ciel ouvert et autres perturbations en surface ont des incidences sur les habitats fauniques et floristiques, mais l'exploitation minière entraîne également l'expansion de routes et de collectivités dans des endroits de plus en plus éloignés, ce qui menace encore davantage les habitats du Canada. Il ne serait toutefois pas juste de brosser un tableau entièrement négatif. Le succès de la remise en état d'anciennes mines de charbon, comme c'est le cas à certains endroits en Alberta et en Colombie-Britannique (voir le chapitre 11), donne la possibilité de créer des oasis productives pour les espèces sauvages.

L'industrie minière et l'exploitation des sources d'énergie dans des régions éloignées exigent généralement l'aménagement de routes et de corridors (p. ex., pour les pipelines et les lignes de transport de l'électricité) qui multiplient généralement l'intrusion humaine dans les habitats fauniques et floristiques. Ainsi, la construction de routes et de puits près de Manyberries, en Alberta, a entraîné la perte directe d'habitats essentiels à la gélinotte des armoises et au cerf mulet. De 1980 à 1983, les populations de gélinottes des armoises ont diminué deux fois plus rapidement dans ce secteur que dans des habitats moins perturbés et éloignés (McCulley, 1983).

Les aménagements hydroélectriques ont des répercussions sur les écosystèmes, tant en amont qu'en aval des barrages. L'encadré 26.1 illustre quelques-uns des types de transformation de l'habitat que peut imposer la satisfaction des besoins énergétiques.

Les activités d'exploitation du pétrole et du gaz naturel peuvent également porter atteinte aux écosystèmes aquatiques. Depuis 1986, des projets comme Hibernia et OSLO (Other Six Leases Operation) et l'exploitation prévue des champs gazifères de la mer de Beaufort ont suscité de vives inquiétudes chez le public, notamment au sujet du risque de dégradation de l'habitat par des marées noires. Ainsi, en 1988, la barge de haute mer *Nestucca* a déversé 875 000 L de pétrole dans les eaux juste au sud de l'île de Vancouver. La marée noire a touché 150 km d'habitats côtiers, y compris ceux de la réserve de parc national Pacific Rim et de six réserves écologiques provinciales (Kay, 1989). Chaque année, les écosystèmes marins du Canada sont exposés à une centaine de petits déversements, à une dizaine de déversements d'envergure moyenne et à au moins un déversement de grande envergure, tandis que la probabilité d'un déversement majeur (plus de 10 000 t) est de un tous les 15 ans environ (Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin, 1990). D'importants habitats d'eau douce, notamment dans la voie maritime des Grands Lacs et du Saint-Laurent, sont également menacés par d'éventuels déversements dus au trafic des navires-citernes (figure 26.4).

La contamination des habitats aquatiques

La contamination par les eaux usées et les rejets industriels pose une menace particulière pour les écosystèmes aquatiques. Dans certaines régions, notamment en bordure de la zone densément peuplée du sud du Canada, les cours d'eau et les lacs sont tellement contaminés qu'ils ne peuvent plus abriter leurs communautés animales et végétales traditionnelles. Les réseaux d'égouts municipaux sont la principale cause de cette contamination. Actuellement, la plupart des collectivités canadiennes de plus de 1 000 habitants sont desservies au moins par des stations d'épuration primaire; toutefois, l'effluent des eaux usées est encore généralement déversé dans les cours d'eau, les lacs ou les estuaires marins, avec sa charge de métaux lourds, d'éléments nutritifs et de matières solides organiques en suspension (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991).

On trouve des concentrations élevées de contaminants très variés dans les principaux habitats aquatiques du bassin des Grands Lacs (voir le chapitre 18). Quelque 43 secteurs de préoccupation ont été repérés dans ce bassin (figure 18.13). La contamination est si grave dans 38 d'entre eux que la consommation humaine du poisson capturé dans ces eaux est restreinte. Les activités de dragage sont limitées dans 31 secteurs en raison des concentrations élevées de contaminants toxiques présents dans les sédiments de fond (Hartig et Hartig, 1990).

Le long de la côte du Pacifique, le déversement autorisé de déchets en mer contamine de plus en plus d'habitats marins. En 1988, le gouvernement de la Colombie-Britannique autorisait 393 points de rejets en mer, contre 85 en 1973 (figure 26.5). Les substances les plus couramment déversées en vertu d'autorisations gouvernementales sont des eaux d'égouts municipaux traitées ou brutes. Il peut s'ensuivre une contamination des palourdes, des moules, des huîtres et d'autres coquillages bivalves filtreurs, qui ont ten-

ENCADRÉ 26.1

Quelques effets des barrages et des réservoirs sur les habitats naturels

Les impacts environnementaux de l'aménagement de barrages et de réservoirs pour la production d'hydroélectricité, l'irrigation et l'approvisionnement des collectivités ont soulevé beaucoup de préoccupations ces dernières années, particulièrement dans le cas d'un certain nombre de mégaprojets. Étant donné que les évaluations des impacts environnementaux sont prévues par la loi depuis relativement peu de temps, les effets écologiques de la plupart des barrages et des réservoirs aménagés avant 1980 n'ont pas été examinés de façon détaillée, et nous ne faisons que commencer à comprendre un grand nombre de leurs répercussions. Voici quelques-uns des changements observés dans les habitats naturels par suite de l'aménagement de barrages et de réservoirs.

- Les barrages hydroélectriques entraînent une inversion du régime d'écoulement naturel des cours d'eau. Ainsi, en aval du barrage, l'écoulement est modifié pour qu'il devienne le plus élevé en hiver, lorsque la demande d'énergie est elle aussi la plus élevée. L'écoulement est réduit au printemps et en été, ce qui entraîne l'inondation de la végétation riveraine d'amont pendant la période où la sauvagine est la plus vulnérable à de telles pertes. En effet, c'est à cette période de l'année que les oiseaux ont besoin de la végétation pour se nourrir, construire leur nid et élever leurs petits. Dans le cas de certains barrages, on a pu démontrer que les lignes de rivage submergées par la fluctuation du niveau de l'eau offrent des habitats de nidification de piètre qualité et réduisent de façon substantielle le succès de la reproduction.

- Lorsque des bandes de terre recouvertes d'arbres forestiers et d'autres espèces végétales terrestres sont submergées par l'eau des réservoirs, la décomposition de la matière végétale consomme l'oxygène dissous dans l'eau, rendant les habitats du poisson et d'autres organismes aquatiques pauvres en oxygène. Le dioxyde de carbone libéré au cours de la décomposition de la végétation alimente les fleurs d'eau.

- Le mercure, qui est présent naturellement dans le substrat rocheux et les sols, est libéré lentement dans l'environnement par les processus d'altération. Les arbres, les arbrisseaux et d'autres plantes absorbent, avec l'eau du sol, une certaine quantité de mercure. Celui-ci a tendance à s'accumuler dans les tissus végétaux vivants sous forme de méthylmercure. Une fois submergée, la végétation meurt et commence à se décomposer. C'est alors que le méthylmercure est libéré dans l'eau, contaminant tout l'habitat aquatique.

- Par le biais de la bioaccumulation, les organismes aquatiques absorbent du mercure dans leurs tissus, et les concentrations de ce métal augmentent à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire (bioamplification). On a constaté que la teneur en mercure des tissus des poissons de certains réservoirs du Canada était plusieurs fois plus élevée que la normale. Il existe des dangers potentiels pour la santé des espèces qui consomment de grandes quantités de ces poissons, par exemple, le vison, la loutre, le balbuzard, le pygargue à tête blanche et les humains. Dans les lacs et les réservoirs du Nord, la décomposition de la matière organique est généralement lente en raison des températures plus froides; par conséquent, les concentrations de mercure sont susceptibles de rester élevées pendant plusieurs décennies.

- La restriction de l'écoulement des cours d'eau entraîne la transformation de nombreux milieux humides d'aval en habitats terrestres moins productifs, en plus de réduire la quantité de sédiments qui se déposent normalement dans les écosystèmes deltaïques en aval.

- Les poissons anadromes, comme le saumon, migrent des eaux salées vers les eaux douces pour frayer. Les barrages peuvent entraver cette migration et empêcher ainsi ces poissons de se reproduire. Dans d'autres cas, les réservoirs perturbent directement les frayères des espèces anadromes.

- On a observé que certaines espèces de poissons d'eau douce, notamment le grand corégone, migrent d'une masse d'eau à une autre pour se nourrir, se reproduire ou hiverner. Des diminutions marquées des effectifs d'espèces locales ont été observées là où les barrages ne comportent pas de passe à poissons, ce qui a eu des répercussions sur la pêche commerciale.

- Quel que soit le but ultime du barrage et du réservoir, lorsque l'eau est dérivée d'un bassin versant à un autre, de nouvelles espèces de poissons, de plantes et d'animaux sauvages peuvent être introduites dans le bassin récepteur, ce qui peut agresser les espèces indigènes.

- Les peupleraies ont diminué en aval des barrages aménagés dans les Prairies et dans les avant-monts des Rocheuses. Cette diminution a été attribuée à l'altération des régimes hydrologiques, ceux-ci n'étant plus propices à l'établissement des semis et à la survie des arbres mûrs.

- Certains réservoirs deviennent des «pièges» pour les contaminants toxiques. Par exemple, les terres agricoles et forestières traitées à l'aide d'engrais et de pesticides peuvent, par suite de l'érosion du sol, contribuer à l'accumulation de sédiments contaminés dans le fond d'un réservoir.

Sources : Delisle et Bouchard, 1990; chapitre 12 du présent rapport.

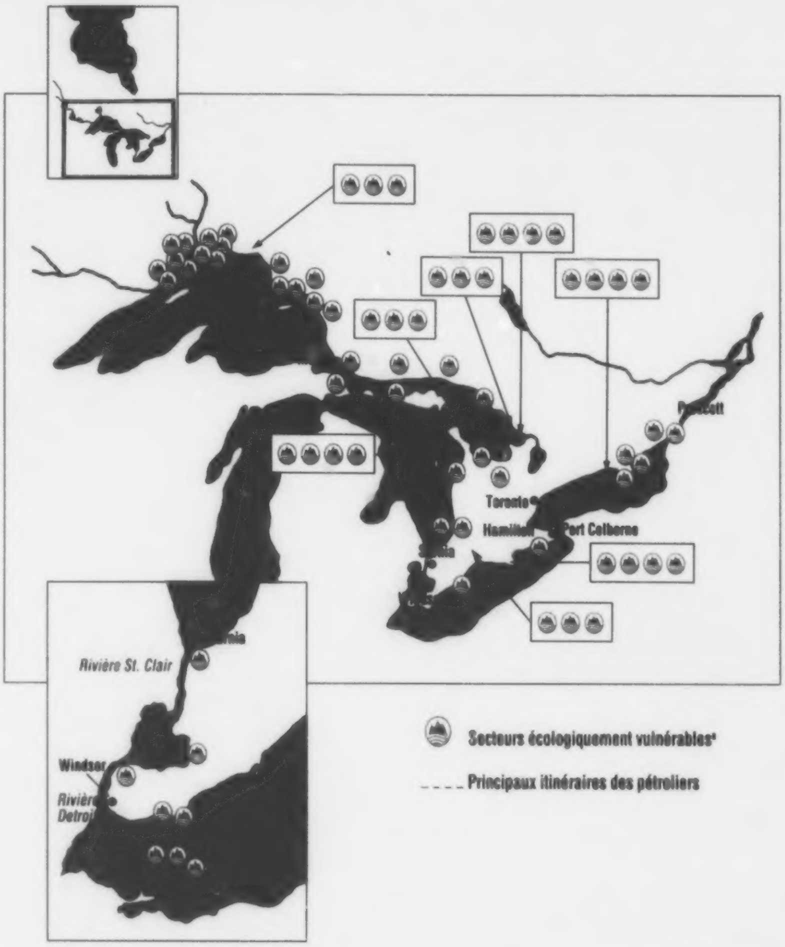
dance à concentrer les bactéries et autres contaminants dans leurs tissus. La figure 26.6 montre les régions où la pêche aux coquillages et crustacés est interdite en raison d'une contamination bactérienne.

D'autres types de déversements peuvent également être nuisibles. Une mine côtière de la Colombie-Britannique a déversé plus de 40 000 t de résidus, de déblais et d'autres matières solides inorganiques en mer, entraînant une augmentation des concentrations de certains métaux traces à des endroits situés à plus de 27 km du point de déversement (Kay, 1989). Les concentrations élevées de produits organiques chlorés chez les oiseaux de mer résidants prouvent la contamination des habitats marins de la côte du Pacifique par les activités industrielles (Kay, 1989). Les usines côtières de pâtes et papiers, qui déversent d'importants volumes d'eaux résiduaires en mer, figurent parmi les principales sources de contamination. Les concentrations de dioxines, de furanes, de BPC et d'autres matières organiques chlorées rémanentes ont tendance à être maximales dans les habitats marins situés près des usines de pâtes.

Les contaminants peuvent être charriés sur de grandes distances dans l'air et dans l'eau et ils sont maintenant présents dans des habitats aquatiques éloignés du Grand Nord canadien (voir le chapitre 15). Ainsi, les courants océaniques entraînent des résidus de pesticides de l'Asie vers les mers arctiques. Les projets de nouvelles usines de pâtes dans le nord de l'Alberta pourraient favoriser l'apparition de contaminants dans les rivières qui s'écoulent vers le nord et se jettent dans l'Arctique.

FIGURE 26.4

Principaux itinéraires des navires-citernes et habitats importants dans le réseau des Grands Lacs



[a] Y compris les parcs côtiers et marins, les refuges fauniques et les aires de conservation.

Source : Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin, 1990.

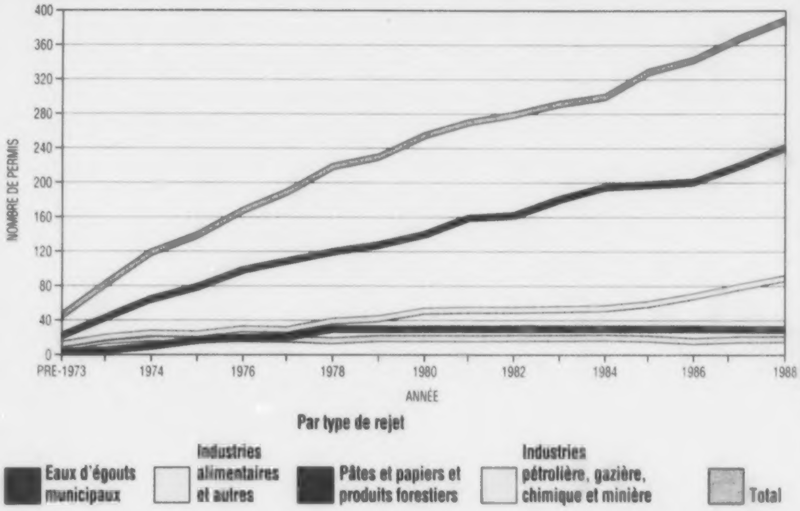
Les dépôts acides

On estime que 46 % de la superficie totale du Canada renferme des habitats aquatiques sensibles aux dépôts acides, souvent appelés « pluies acides » (voir le chapitre 24). C'est au Québec (82 %), à Terre-Neuve (56 %) et en Nouvelle-Écosse (54 %) que les proportions de ces habitats sont le plus élevées (Environnement Canada, 1988; voir aussi la figure 24.8). Les eaux du Bouclier canadien et du Canada atlantique sont particulièrement vulnérables, car l'assise rocheuse et les sols de ces régions ont un très faible pouvoir tampon. Certaines parties du sud-ouest de la Colombie-Britannique, des Prairies, du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest présentent également des signes d'acidification. Dans l'ensemble du pays, plus de 150 000 lacs ont déjà été endommagés par les dépôts acides et plus de 14 000 d'entre eux sont considérés comme étant « morts » (Gouvernement du Canada, 1990).

Les dépôts acides entraînent une réduction du pH naturel des lacs (c.-à-d. une augmentation de leur acidité), ce qui provoque des modifications immédiates des habitats aquatiques. La chimie de l'eau se modifie tout comme la quantité d'oxygène dissous présente

FIGURE 26.5

Nombre de permis délivrés par le gouvernement de la Colombie-Britannique autorisant le déversement continu de rejets dans le Pacifique



Source: Kay (1989).

dans l'eau. Les roches se recouvrent d'algues et les populations d'invertébrés et d'autres organismes sont réduites en raison de leur inaptitude à se reproduire (Fellman, 1990). Cette tendance empire à mesure que le pH baisse. Rares sont les poissons qui peuvent alors se reproduire et les jeunes meurent rapidement de faim en raison de l'absence d'invertébrés-proies. Une étude a permis de constater que, sur 30 lacs du nord-ouest de l'Ontario ayant un pH inférieur à 5,5, les deux tiers étaient dépourvus de poisson (McNicol et collab., 1987). La diminution des populations de poissons touche également les populations de grands hérons, de pygargues à tête blanche, de martins-pêcheurs, de huarts à collier, de balbuzard et d'autres espèces d'oiseaux piscivores. Les bivalves, les écrevisses et les gastropodes, dont la coquille a des teneurs élevées en calcium, sont également très vulnérables à l'acidification. Il en va de même pour les oiseaux qui s'en nourrissent, car la plus faible quantité de calcium que leur procurent ces espèces-proies entraîne l'amincissement de la coquilles des œufs et celle-ci devient alors plus friable (Glooschenko et collab., 1986). Les dépôts acides peuvent également contaminer les habitats aquatiques par le mercure et d'autres métaux lourds, entraînant un faible taux de reproduction de la sauvagine. L'équilibre écologique d'un lac est le fruit de milliers d'années d'évolution. Lorsque des organismes en sont éliminés, bon nombre d'entre eux n'y reviennent jamais, même si le taux naturel d'acidité du lac est rétabli grâce à des traitements à la chaux ou à une réduction des dépôts acides.

Parmi les lacs et cours d'eau des provinces de l'Atlantique, 120 000 (84 %) de ceux de l'île de Terre-Neuve, 11 000 (86 %) de ceux de la Nouvelle-Écosse et 10 000 (89 %) de ceux du Nouveau-Brunswick se trouvent dans des régions où les risques d'acidification sont de modérément élevés à élevés (Hélie, 1991). La superficie totale de ces masses d'eau sensibles est de 1,5 million d'hectares. Sur l'île du Prince-Édouard, environ 1 100 masses d'eau, d'une superficie totale de près de 2 200 ha, se trouvent toutes dans des régions qui sont de modérément vulnérables à très vulnérables, mais la plupart ont un bon pouvoir tampon en raison de la présence d'eaux souterraines riches en carbonates. Plus de 87 % de toutes les étendues d'eau de surface des provinces de l'Atlantique sont des lacs et des étangs de moins de 5 ha (Hélie, 1991). Ces petites étendues d'eau offrent souvent des habitats fauniques relativement plus précieux que les plans d'eau plus vastes.

Les dépôts acides altèrent également les écosystèmes forestiers, car ils entraînent un lessivage des éléments nutritifs des sols et endommagent le feuillage. Ils agressent l'ensemble de la forêt et contribuent certainement à modifier la composition des espèces floristiques et fauniques. Le lessivage des métaux des sols et leur absorption par la végétation semblent expliquer les fortes concentrations de cadmium relevées dans le foie et les reins des caribous et des orignaux du Labrador ainsi que le mauvais état de santé de ces deux espèces et le manque d'appétibilité de leurs organes internes pour les autochtones (V. Geist, Université de Calgary, communication personnelle).

Le changement climatique

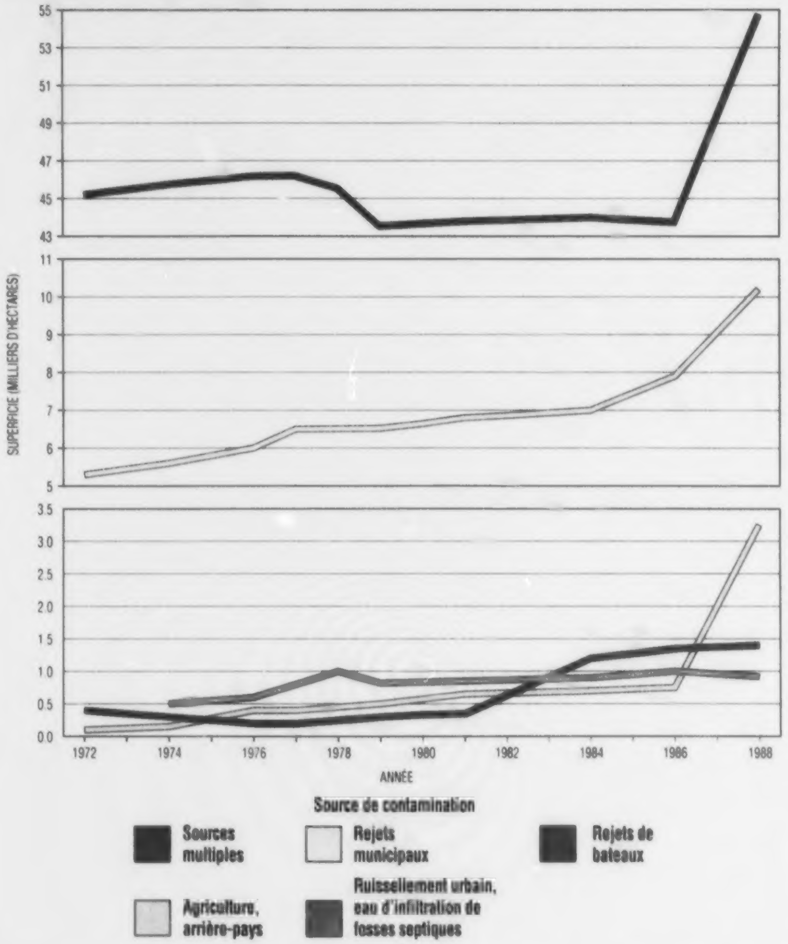
Le réchauffement de la planète est dû à l'augmentation des concentrations atmosphériques de « gaz à effet de serre » — notamment le dioxyde de carbone — qui emprisonnent la chaleur dans l'atmosphère (voir le chapitre 22). La combustion de combustibles fossiles libère du dioxyde de carbone dans l'atmosphère beaucoup plus rapidement que les processus naturels peuvent l'éliminer. Par ailleurs, l'exploitation forestière et les autres activités de déboisement font disparaître les arbres, qui sont les principaux réservoirs à long terme du carbone de l'écosphère. Depuis le milieu des années 1800, les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ont augmenté d'environ 25 % et les températures mondiales, d'environ 0,5 °C (Anderson et Reid, 1990). Compte tenu du rythme actuel d'émission des gaz à effet de serre, les températures moyennes de la

planète devraient augmenter d'environ 0,3 °C par décennie au cours du siècle prochain (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990).

Le changement climatique pourrait transformer radicalement des écosystèmes entiers (figure 26.7; voir aussi la figure 22.10). Le rythme du réchauffement aux latitudes nordiques pourrait, par exemple, être deux fois supérieur à la moyenne mondiale, provoquant une diminution importante de la superficie des régions arctiques, subarctiques et boréales et entraînant une expansion considérable des régions des prairies, tempérées modérées et tempérées froides (Rizzo et Wiken, 1989). Ces changements seront accompagnés de modifications spectaculaires des bilans énergétiques et hydriques, des taux de productivité et de la nature fondamentale des habitats de chaque région (Rizzo et Wiken, 1989). La superficie des habitats palustres devrait diminuer dans la majeure partie du Canada en raison des conditions climatiques plus chaudes et plus sèches. Le niveau de la mer pourrait monter à un rythme moyen de 6 cm par décennie au cours du prochain siècle (Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, 1990) et les milieux humides côtiers pourraient être inondés, entraînant la perte d'autres habitats essentiels. Certains lacs nordiques verront leur température augmenter et pourront accueillir des poissons acclimatés à des latitudes plus méridionales, aux dépens d'espèces préférant des eaux plus fraîches.

FIGURE 26.8

Secteurs marins fermés à la pêche aux coquillages et crustacés en raison de la contamination par des matières fécales en Colombie-Britannique, 1972–1988



Source : Kay, 1989.

Les loisirs et autres activités dans les parcs et les autres aires protégées

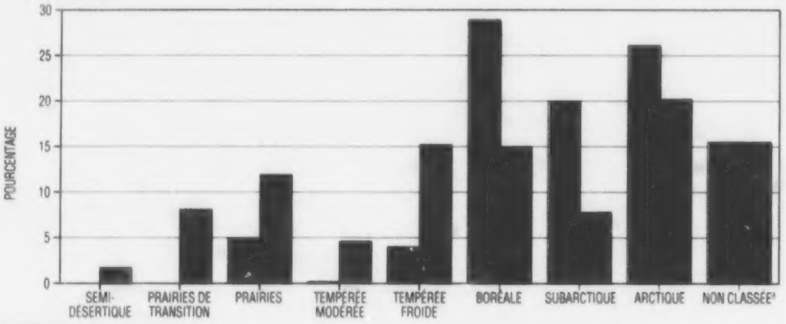
Les habitats fauniques et floristiques peuvent être malencontreusement perturbés par des gens bien intentionnés qui souhaitent découvrir la nature grâce à des activités récréatives de plein air comme l'observation des oiseaux, les randonnées pédestres, la photographie, la chasse et la pêche. Ce phénomène s'observe particulièrement dans les parcs et les autres aires protégées qui, en tant que réserves naturelles, sont des lieux de prédilection pour ces activités.

Les 35 parcs nationaux et réserves de parc nationaux du Canada occupent environ 18,2 millions d'hectares, soit environ 1,9 % de la superficie du pays (Nikiforuk, 1990). Fait regrettable, bon nombre de ces parcs sont trop petits pour être autosuffisants sur le plan écologique, ce qui compromet la protection même qu'ils étaient censés assurer à leurs écosystèmes naturels.

Les autres types de réserves destinées à protéger l'habitat connaissent des problèmes semblables. Ainsi, 45 des 61 parcs provinciaux de l'Alberta ont une superficie de moins de 1 000 ha et seulement 2 s'étendent sur plus de 10 000 ha (Bailey, 1990). Les gros prédateurs comme l'ours, le couguar ou le loup, qui ont besoin de vastes aires naturelles, ne trouveront peut-être pas d'habitat offrant une sécurité absolue dans les petits territoires protégés.

FIGURE 26.7

Incidences potentielles du changement climatique sur les types d'habitats[a]



Types actuels d'habitats
% des régions du Canada actuellement occupées par divers types d'habitats

Types d'habitat prévus
Composition prévue des types d'habitats du Canada en cas d'un doublement des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (2 x CO_2)[c]

[a] Basées sur les provinces écoclimatiques du Canada (voir le chapitre 22).

[b] Les provinces écoclimatiques de la cordillère de l'ouest du Canada ont été exclues de la présente analyse en raison de la complexité de prévision des incidences en terrain montagneux.

[c] Pour connaître la répartition prévue des types d'habitats en cas de doublement du dioxyde de carbone, consulter la figure 22.10.

Remarque : Les totaux peuvent ne pas donner 100 %, certains chiffres ayant été arrondis.

Source : Rizzo et Wiken, 1989.

Ainsi, dans l'ouest du Canada, seuls les quatre parcs nationaux des Rocheuses sont suffisamment vastes pour assurer la viabilité des populations résidantes de couguars (Nikiforuk, 1990).

Diverses autres activités humaines, notamment l'exploitation forestière et minière, le pâturage, la fenaison, la construction domiciliaire et commerciale et l'exploitation des ressources pétrolières et gazières, viennent s'ajouter aux loisirs dans certains parcs provinciaux et nationaux et dans d'autres aires protégées. Chacune de ces activités exerce un impact particulier sur l'écosystème protégé. Le parc provincial de Cypress Hills, deuxième par sa superficie en Alberta, abrite le seul nunatak des Prairies ayant échappé à la destruction causée par le passage de la calotte glaciaire continentale pendant la glaciation du Wisconsin. Par conséquent, le parc permet de préserver des conditions d'habitats uniques dans la région. Il abrite des espèces végétales rares, représente le seul site de nidification et de reproduction de certaines espèces d'oiseaux et rassemble une faune très diversifiée (Bailey, 1990). Néanmoins, le pâturage et l'exploitation forestière, qui sont autorisés dans ce parc, mettent en péril ce type d'habitat exceptionnel.

Les habitats des parcs sont également menacés par des activités menées sur des terres adjacentes. Ainsi, le parc national Fundy, au Nouveau-Brunswick, est un « îlot » de 20 700 ha entouré de vastes étendues de forêts coupées à blanc (Nikiforuk, 1990). Les activités d'exploitation forestière à l'extérieur du parc ont détérioré la qualité et réduit l'étendue des habitats aquatiques disponibles dans le parc en raison de la sédimentation et de la contamination par les insecticides et les herbicides. Les habitats palustres du parc national Wood Buffalo chevauchant la limite entre l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest ont connu des changements majeurs par suite de la construction, en amont, de barrages qui ont modifié les niveaux des eaux et les communautés végétales. En Ontario, le parc national de la Pointe-Pelée, flèche littorale du lac Érié renommée comme havre des oiseaux migrateurs, est entouré, du côté terrestre de la péninsule, par des terres agricoles faisant l'objet d'une exploitation intensive. Dans le cas du parc national de la Mauricie, au Québec, plus de 75 % des terrains boisés périphériques ont été coupés à blanc pour la production de la pâte (Nikiforuk, 1990).

Il est ironique de constater que la création d'aires protégées pour la faune peut également entraîner la dégradation des habitats par les espèces qui y sont elles-mêmes protégées. Ainsi, dans le sud de l'Ontario, la réserve nationale de faune de Long Point, le parc national de la Pointe-Pelée et le parc provincial Rondeau abritent les vestiges d'une forêt carolinienne de feuillus, un type d'habitat rare au Canada. Toutefois, la protection accordée à ces territoires a permis aux populations de cerfs de Virginie de prospérer à un point tel que leur broutage intensif menace l'existence de l'habitat même qui les fait vivre (C.L. Warren, Environnement Canada, communication personnelle).

De toute évidence, les activités récréatives de plein air ne sont pas nécessairement limitées aux parcs et aux aires protégées. Ainsi, les terrains de golf sont souvent aménagés sur des sites naturels importants. Outre l'altération radicale de l'habitat causée par l'aménagement même du parcours, on peut assister à une dégradation du sol et de l'eau causée par les engrais et les herbicides utilisés de façon intensive pour entretenir les parcours. L'utilisation hors-piste des véhicules tout-terrain est un autre passe-temps de plus en plus populaire, particulièrement dans l'ouest du Canada. Ces véhicules facilitent l'accès des régions autrefois éloignées et peuvent perturber des formes de relief et endommager la végétation, notamment les dunes et d'autres écosystèmes fragiles.

Menaces indirectes diminuant la valeur des habitats[1]

L'extension continue des activités humaines dans les régions sauvages exige un examen sérieux de la question globale de la sécurité des écosystèmes. D'après la définition selon laquelle une région sauvage couvre une zone d'au moins 10 km de diamètre sans route ni établissement, près des deux tiers du Canada sont encore sauvages. Depuis le milieu des années 1970, les régions sauvages du Canada ont toutefois diminué de 4 % (voir le chapitre 7). Cette diminution pose une très grave menace pour les espèces sauvages, même si seules de petites superficies d'habitat peuvent être directement perdues ou dégradées. Les routes d'accès construites à des fins d'exploitation minière, forestière et autres, les pistes sismiques et les corridors des pipelines et ceux servant au transport de l'électricité ne donnent souvent aucun répit à la faune, perturbant des espaces qui, autrement, auraient été des habitats disponibles. Ces routes d'accès industrielles ouvrent un territoire toujours plus grand aux chasseurs, pêcheurs sportifs, skieurs, randonneurs et campeurs ainsi qu'aux adeptes des véhicules à quatre roues motrices, des véhicules tout-terrain et des motoneiges. Les bateaux à propulsion hydraulique et les avions amphibies sillonnent pareillement les cours d'eau pour pénétrer dans les régions sauvages. Ces incursions peuvent perturber considérablement le comportement habituel de la faune. Les gros mammifères essaient d'éviter une route fréquentée en se tenant au jusqu'à 400 m de chaque côté. Cela équivaut donc concrètement à une perte très importante d'habitat.

Le harcèlement de la faune, qu'il soit volontaire ou non, déprécie considérablement les habitats existants. Ainsi, malgré une abondance d'habitats en apparence acceptables en Alberta, de vastes territoires où l'on pourrait s'attendre à trouver la chèvre de montagne, le mouflon d'Amérique, le wapiti, le grizzli et le loup sont maintenant complètement délaissés par ces espèces. Elles ont quitté le territoire sous l'action conjuguée des pressions exercées par la chasse pratiquée toute l'année et des perturbations incessantes causées par la circulation sur les routes d'accès. De même, les régions soumises à une exploitation forestière extensive peuvent sembler offrir des habitats acceptables à certaines espèces en raison de la présence d'une jeune végétation abondante. Toutefois, les animaux peuvent également les fuir à cause du couvert limité et de la grande vulnérabilité provoquée par la présence de chemins forestiers. D'autres formes de harcèlement peuvent aller de la photographie et de l'observation importune par des touristes trop enthousiastes à la déprédation des chats et des chiens. Tous ces facteurs peuvent provoquer l'abandon ou la sous-utilisation d'habitats qui auraient pu être disponibles.

À l'inverse, les activités industrielles peuvent quelquefois offrir une certaine protection à la faune. La Colombie-Britannique et l'Alberta comptent plusieurs sites miniers en exploitation où prospèrent le mouflon d'Amérique, le wapiti, le cerf, l'ours et le coyote. De plus, de gros herbivores envahissent fréquemment les villes situées dans les parcs nationaux, abandonnant la région naturelle au profit de la sécurité que leur offrent les villes contre la prédation. Ils apprennent rapidement à tirer profit du paysage transformé et de ses habitants pour se procurer nourriture et sécurité et peuvent parfois devenir une dangereuse nuisance.

Les incursions incessantes de l'être humain dans des écosystèmes fragiles peuvent être tout aussi dommageables qu'une contamination chimique continue. Afin de préserver la valeur des habitats pour les espèces sauvages, il faut élaborer soigneusement les mesures de sécurité appropriées et les mettre en œuvre. C'est là une question qui doit être traitée efficacement par les politiques régissant l'accès des terres publiques.

[1]Extrait d'une évaluation du manuscrit faite par le Dr. Valerius Geist, Faculté de design environnemental, Université de Calgary.

LA CONSERVATION ET LA REMISE EN ÉTAT DES HABITATS

> « ... en eux-mêmes, les organismes en danger de disparition ne peuvent être préservés. Les écosystèmes dont les constituants dignes d'intérêt sont les organismes peuvent toutefois être préservés dans la mesure où l'écosphère dont ils font partie continue de fonctionner de façon saine et naturelle, comme autrefois. Cette prise de conscience fait converger de plus en plus l'attention vers l'absolue nécessité de préserver la nature sauvage et les aires naturelles, les réserves écologiques et les refuges d'animaux ainsi que les *espaces* en danger de disparition avant de préserver les *espèces* en danger de disparition. »
>
> — Rowe, 1988

La stratégie axée sur les paysages

La conservation des espèces sauvages a beaucoup évolué depuis l'adoption des premières lois destinées à protéger le gibier dans les chasses du roi. Au Canada, les habitats fauniques ont toujours été protégés grâce à la désignation de terres domaniales à des fins de conservation ou par le biais de l'acquisition de terres privées. Cette mesure, à savoir la mise en réserve d'aires protégées, est vitale : ces territoires garantissent la santé et la sécurité des écosystèmes. Le réseau d'aires protégées devrait en fin de compte permettre de coordonner et de relier tous les territoires protégés, depuis les réserves fauniques, les rivières sauvages et les sites exceptionnels canadiens jusqu'aux sites écologiques et patrimoniaux.

Pendant les années 1980, les écologistes se sont toutefois inquiétés de plus en plus du morcellement de nombreux paysages du sud du Canada. Les partisans de la conservation ont constaté

que des aires désignées ne pouvaient à elles seules conserver des écosystèmes ou assurer la diversité biologique. La solution consistait à aller plus loin, à élaborer des stratégies de protection des écosystèmes et de la diversité des espèces dans tous les types de paysages (Habitat faunique Canada, 1991).

Par le biais de la stratégie axée sur les paysages, on tente de minimiser les perturbations de l'habitat dans des écosystèmes entiers, même lors des modifications inévitables dues à l'industrialisation et à l'urbanisation. Cette stratégie suppose une gestion intégrée où tous les secteurs de ressources travaillent en collaboration pour atténuer les dommages causés à l'environnement et mettre en valeur les habitats. Dans de nombreux secteurs, les méthodes de gestion coopérative gagnent du terrain.

Les paysages forestiers

Une conception plus holistique de l'aménagement forestier se dessine progressivement, à mesure que les gouvernements, l'industrie et des organismes non gouvernementaux collaborent à la conciliation des exigences conflictuelles visant les forêts du Canada. La Stratégie nationale pour le secteur forestier canadien, préparée par les gouvernements fédéral et provinciaux et le secteur privé, met l'accent sur une foresterie de conservation et est axée sur le maintien à long terme d'écosystèmes forestiers sains, stables et équilibrés (Conseil canadien des ministres des Forêts, 1987). Les stratégies antérieures se concentraient sur l'approvisionnement en bois; toutefois, la nécessité d'assurer la pérennité des écosystèmes forestiers, y compris des habitats fauniques et floristiques qu'ils abritent, est de plus en plus reconnue dans tout le pays. L'Île-du-Prince-Édouard souligne l'importance des habitats dans sa politique sur les forêts de 1987 et sa *Forest Management Act* de 1988. D'autres provinces se sont engagées dans le même sens. Bon nombre d'autres améliorations apportées à l'aménagement forestier dans son ensemble, comme les lignes directrices pour le milieu forestier, l'analyse de la disponibilité des habitats et les techniques de gestion adaptative, contribuent à atténuer les répercussions de l'exploitation forestière sur les habitats.

Les lignes directrices pour le milieu forestier – Depuis les années 1970, plusieurs gouvernements provinciaux ou territoriaux ont adopté, en matière d'aménagement forestier, des lignes directrices législatives qui favorisent une meilleure intégration des valeurs de la forêt et de la faune. Au Québec, en Nouvelle-Écosse et au Manitoba, les lignes directrices pour le milieu forestier encouragent la protection des lisières des forêts et des couloirs de migration de la faune, et réglementent la taille des parterres de coupe rase, l'exploitation des zones riveraines et l'accès du public. Ces lignes directrices ont toutefois certaines limites. Ainsi, elles ne sont pas particulières à un site et peuvent ne pas assurer une protection suffisante à des habitats très vulnérables comme les frayères, qui sont particulièrement sensibles à l'envasement dû à l'érosion du sol. Elles peuvent également être contradictoires, comme dans le cas de l'orignal dont l'habitat se situe dans de jeunes forêts, par opposition au caribou qui privilégie les vieilles forêts. De plus, elles ne sont souvent mises en application qu'après l'élaboration des plans d'exploitation.

L'analyse de la disponibilité des habitats – Par contre, l'analyse de la disponibilité des habitats est effectuée avant l'élaboration de plans d'exploitation particuliers. Les gestionnaires de la faune utilisent les données de l'inventaire forestier pour repérer les différents types d'habitats et définissent ensuite la gamme des espèces tributaires de chaque habitat. Les gestionnaires, après avoir fixé des objectifs démographiques pour chaque espèce, peuvent déterminer les exigences minimales en matière d'habitat. Le Nouveau-Brunswick est légalement tenu d'effectuer une telle analyse afin de protéger ses habitats fauniques. Un système informatique prédit la disponibilité des habitats dans l'ensemble d'un parterre de coupe en intégrant les données sur la disponibilité du bois aux objectifs en matière d'habitat. La Nouvelle-Écosse, la Saskatchewan et le Manitoba mettent également cette méthode à l'épreuve. Ainsi, en Nouvelle-Écosse, le projet pilote triennal de gestion intégrée du bassin versant de la rivière St. Mary's définit des associations forêt–habitat et élabore des lignes directrices pour des zones spéciales d'aménagement forestier, conjointement avec un modèle d'analyse et de prévision de la disponibilité des habitats.

La gestion adaptative – L'industrie forestière du Canada fait également de plus en plus appel à la gestion adaptative. Au lieu d'élaborer des plans d'ensemble, les gestionnaires ont recours à des données sur le terrain pour atténuer certains problèmes particuliers en matière d'habitat. Les projets vont de l'élaboration de guides sur les habitats à des recherches sur le taux de régénération des lichens terricoles suivant différents types de coupes et dans diverses conditions de milieu. Ainsi, en Colombie-Britannique, l'industrie, le gouvernement et les organismes non gouvernementaux ont lancé un programme quinquennal de recherche sur les relations entre le caribou, l'habitat et les méthodes de récolte. Le volet caribou de montagne du programme d'aménagement des forêts permettra, en fin de compte, d'élaborer une stratégie à long terme pour intégrer la gestion du caribou et des ressources forestières dans le sud-est et le centre de la province.

Au Manitoba, le programme d'aménagement intégré des forêts et des habitats fauniques vise à mettre au point des méthodes de récolte et de renouvellement des forêts qui protégeront ou mettront en valeur les habitats fauniques. Dans un secteur de plus de 13,5 millions d'hectares, des compagnies forestières collaborent à l'établissement de relevés de l'abondance et de la répartition des types importants d'habitat faunique et à l'intégration des données dans l'inventaire forestier provincial. Parmi les autres programmes forestiers et fauniques en cours, mentionnons le programme de conser-

vation des ravages de cerfs de Virginie (Québec) et le programme de gestion des habitats des terrains forestiers (Nouveau-Brunswick).

Les paysages agricoles

Jusqu'à tout récemment, les politiques agricoles avaient tendance à ignorer les répercussions de l'agriculture sur les habitats fauniques et floristiques. Une certaine évolution s'est toutefois dessinée dernièrement avec la remise en état de terres agricoles dégradées et l'adoption de méthodes agricoles plus durables (voir le chapitre 9). Parmi les techniques utilisées, mentionnons le pâturage en rotation, l'ensemencement des cultures d'hiver, l'enherbement des berges et la fenaison décalée. De telles « pratiques agricoles de conservation » offrent des avantages aux agriculteurs et aux espèces sauvages, car elles permettent de conserver le sol et l'eau : les possibilités agricoles à long terme sont maintenues et la terre procure nourriture et abri à la faune.

Depuis le milieu des années 1980, les partisans d'une politique axée sur la conservation dans les paysages agricoles ont affiché un nouvel optimisme en raison des fonds nouveaux injectés ainsi que des politiques et des programmes qui ont été adoptés. Voici quelques programmes représentatifs :

- Le Programme d'établissement du couvert végétal permanent, mis sur pied par Agriculture Canada dans le cadre du Programme national de conservation des sols (voir le chapitre 9), encourage la conversion de terres agricoles marginales des Prairies en surfaces fourragères et en habitats fauniques. Depuis 1987, près de 31 000 ha de l'Alberta et près de 67 000 ha de la Saskatchewan ont été enherbés à long terme (Agriculture Canada, 1991). Ce programme vise à éliminer la production agricole annuelle sur une autre superficie de 243 000 ha de terres marginales cultivées et sur d'autres terres vulnérables à l'érosion dans les Prairies. Cette superficie correspond à environ 1 % du total des terres ensemencées dans cette région (Agriculture Canada, 1991). De plus, en 1990, quelque 10 millions d'arbres ont été distribués aux agriculteurs à des fins de plantation de rideaux-abris pour arrêter l'érosion des sols et mettre en valeur les habitats fauniques (G.M. Luciuk, Administration du rétablissement agricole des Prairies, communication personnelle).

- Le Plan d'action pour la conservation des Prairies est destiné à protéger les espèces sauvages et les habitats de la prairie-parc et de la prairie indigène. Ce plan, lancé par des organismes non gouvernementaux et avalisé par les gouvernements de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba en 1989, appuie les efforts destinés à évaluer et à quantifier les habitats indigènes restants, à intégrer ces données aux activités et aux plans d'utilisation des terres à l'échelle locale ainsi qu'à protéger au moins une vaste région représentative dans chacun des types d'habitats de la prairie mixte, de la prairie à herbes hautes, de la prairie à fétuques et de la prairie-parc. Cette protection sera garantie par des lois, des stimulants fiscaux, des ententes avec les propriétaires fonciers, l'acquisition de terres ou d'autres moyens.

- Le programme de conservation des Prairies, appelé Prairie for Tomorrow, a pour objet l'élaboration de plans complets de gestion pour les espèces en danger de disparition ou menacées de l'Alberta, comme le pluvier siffleur et le chabot à tête courte. Ce programme triennal vise la conservation des populations fauniques et le maintien de leurs habitats grâce à la participation des propriétaires fonciers, des associations pastorales et des autres parties intéressées.

La gestion judicieuse des terres par les propriétaires fonciers est une condition nécessaire et de plus en plus reconnue des stratégies de conservation. La saine gestion, conjuguée à l'harmonisation des politiques agricoles et des pratiques agricoles de conservation, est un des principaux volets du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine — échelonné sur 15 ans et doté d'un budget de 1,5 milliard de dollars —, qui vise le rétablissement des populations de sauvagine à leurs niveaux des années 1970 (voir également le chapitre 6). Le Plan, signé par le Canada et les États-Unis en 1986, comporte quatre projets conjoints principaux au Canada : habitat des Prairies, habitat de l'Est, oies et bernaches de l'Arctique et côte du Pacifique. Il ne se limite nullement aux paysages agricoles; toutefois, l'un de ses éléments clés est la région des marmites torrentielles des Prairies, qui couvre une partie de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba et qui offre des habitats palustres essentiels à plus de 50 % de la sauvagine de l'Amérique du Nord (figure 26.8). Le Mexique n'a pas encore signé ce Plan, mais sa collaboration efficace assure un déploiement d'efforts à l'échelle du continent pour conserver et remettre en état les habitats palustres. Les coûts de mise en œuvre se répartissent comme suit : États-Unis, 75 %; gouvernements fédéral et provinciaux du Canada, 10 % chacun; secteur privé, 5 %. Le Plan délimite les principaux secteurs des habitats et fixe les objectifs en matière d'habitat. Il vise notamment la protection et la mise en valeur de près de 1,5 million d'hectares d'habitats de reproduction dans la partie centrale du continent, plus de 24 000 ha d'habitats de reproduction et de migration dans la région des basses terres des Grands Lacs et du Saint-Laurent, et plus de 4 000 ha d'habitats de la côte Est servant à la migration et à l'hivernage du canard noir (U.S. Department of the Interior et Environnement Canada, 1987).

Il existe de nombreux autres programmes de gestion des terres par les propriétaires fonciers :

- En Alberta, le programme de conservation des habitats des terres privées et le programme de conservation des habitats riverains encouragent les propriétaires fonciers à intégrer les habitats fauniques, y compris l'habitat du poisson, à la gestion de leurs terres.

FIGURE 26.8

Habitats de la sauvagine d'importance particulière au Canada

1. Plaines-d'Old-Crow	7. Île Bylot (ROM)	13. Partie supérieure de la côte Atlantique
2. Delta du fleuve Mackenzie	8. Dewey Soper (ROM)	14. Grands Lacs inférieurs – bassin du Saint-Laurent
3. Delta de la rivière Anderson (ROM)	9. Baie Est (ROM)	15. Partie supérieure de la côte Pacifique
4. Île Banks nº 1 (ROM)	10. Harry Gibbons (ROM)	16. Ouest intramontagneux
5. Île Banks nº 2 (ROM)	11. Rivière McConnell (ROM)	17. Marmites torrentielles des Prairies et prairies-parcs
6. Golfe Reine-Maud (ROM)	12. Basses terres de la baie James	18. Delta Paix-Athabaska

(ROM) Refuge d'oiseaux migrateurs.

Remarque : Les tracés sur la carte donnent des informations générales.

Source : U.S. Department of the Interior et Environnement Canada, 1986.

- En Saskatchewan, le projet relatif aux marmites torrentielles des Prairies a permis de protéger 5 666 ha d'habitats de nidification de la sauvagine situés sur des hautes terres privées dans la municipalité rurale d'Antler (Ministère des Parcs, du Loisir et de la Culture de la Saskatchewan, 1988).

- Le programme de protection, de mise en valeur et de remise en état des hautes terres de la Saskatchewan favorise également une saine gestion des terres privées; au Manitoba, le programme d'utilisation des terres et de mise en valeur de l'habitat ainsi que le programme de gestion des habitats fauniques essentiels favorisent la conservation et l'aménagement d'habitats situés sur des terres privées.

- Dans les provinces des Prairies, le programme Prairie Care offre une aide financière et d'autres formes de soutien aux agriculteurs dans les régions indispensables à la sauvagine afin de les encourager à conserver un couvert végétal sur leurs terres agricoles marginales. Ce programme, qui est financé par le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (dans le cadre du projet conjoint Habitat des Prairies) est destiné à protéger 2 à 3 ha d'habitats de nidification des hautes terres pour chaque hectare de milieux humides (Poyser, 1989).

- Sur l'île du Prince-Édouard, le projet pilote du bassin versant Montague offre des stimulants en vue de mettre en valeur des terres dans un bassin versant de 7 300 ha, dont environ 2 360 ha font actuellement l'objet d'une gestion (Thompson, 1990). Dans le cadre de ce projet, environ 31 km de haies ont également été plantés en bordure des champs, 15,5 km ont été rajeunis et des améliorations ont commencé à être apportées aux cours d'eau et à la zone riveraine (Thompson, 1989).

- Au Nouveau-Brunswick, le programme des habitats côtiers et palustres est destiné à conserver et à mettre en valeur ces habitats grâce à l'acquisition et à la bonne gestion des terres appartenant à des particuliers.

Les organismes privés, comme les associations de chasseurs et de pêcheurs, encouragent de plus en plus une agriculture axée sur la conservation. Ainsi, l'Ontario Federation of Anglers and Hunters a élaboré une composante du programme de gestion des terres de l'Ontario, qui intègre des objectifs en matière d'habitats fauniques à l'objectif premier de conservation des sols. Ce programme démontre comment les habitats fauniques peuvent réduire l'érosion du sol et fait également ressortir la valeur de la faune. Ainsi, les agriculteurs pourraient tirer profit de la mise en valeur de l'habitat des oiseaux chanteurs, car bon nombre de ces oiseaux indigènes se nourrissent essentiellement de graines de mauvaises herbes et d'insectes ravageurs. En 1988–1989, plus de 12 000 arbustes et 30 000 arbres ont été plantés sur des terres agricoles de l'Ontario (Reid, 1989).

L'émergence de stratégies et de politiques de conservation des milieux humides traduit les préoccupations croissantes à l'égard des habitats palustres du Canada et contribue à monopoliser les efforts de conservation des milieux humides. Pratiquement chaque province et territoire a mis en œuvre une stratégie sur les milieux humides ou s'apprête à le faire. Avec l'adoption de la Politique fédérale sur la conservation des milieux humides (Gouvernement du Canada, 1990), la protection des milieux humides situés sur des terres fédérales sera assurée et leur conservation deviendra une priorité absolue dans toutes les décisions fédérales touchant l'utilisation des terres. Cette politique comportera la constitution d'un réseau de milieux humides protégés d'importance nationale. De même, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, Canards Illimités Canada et Habitat faunique Canada ont parrainé, en 1990, un forum sur la protection des terres humides; les recommandations découlant de ce forum contribueront à la formulation d'une stratégie nationale sur la conservation des milieux humides (Forum sur la protection des terres humides, 1990). Ces initiatives, parmi tant d'autres, définissent les moyens de modifier nos politiques agricoles actuelles et de restructurer les stimulants financiers offerts aux agriculteurs afin de pouvoir atténuer les problèmes de qualité de l'eau et des sols et de mettre en valeur les habitats fauniques et floristiques, sans pour autant accroître les coûts pour les agriculteurs ou les gouvernements.

Les paysages urbains et industriels

Les gestionnaires de la faune ont généralement ignoré ou négligé les espèces sauvages des milieux urbains mais, avec l'accroissement de la population canadienne et l'expansion des villes, l'état des habitats en milieu urbain ou périurbain devient un facteur décisif dans les efforts déployés pour maintenir la santé et la diversité des espèces fauniques et floristiques. Un nombre croissant d'organismes communautaires entreprennent des projets de remise en état des habitats urbains et plusieurs municipalités ont commencé à intégrer des considérations fauniques dans leurs plans d'aménagement. Ainsi, le plan officiel de la municipalité régionale de Waterloo/South Wellington, en Ontario, prévoit la protection de certains secteurs en raison de leur importance comme habitat faunique.

Des événements récents laissent supposer qu'une planification plus rigoureuse et une plus grande participation du public en matière de protection des habitats permettent d'atténuer les conflits entre l'expansion industrielle et la conservation. Les dommages causés à l'environnement peuvent être atténués durant les diverses phases d'un projet, y compris lors de la surveillance exercée après la réalisation du projet. Dans le cas du barrage de la rivière Oldman, en Alberta, un programme global d'atténuation porte sur l'élaboration de méthodes destinées à alléger les incidences négatives du barrage sur les habitats riverains des peupleraies situées en aval (Nilson et Green, 1990). En Colombie-Britannique, le Canadien Pacifique, après avoir construit une

deuxième voie ferrée parallèle dans le parc national Glacier, a remis en état les régions touchées, avec la plantation de près d'un million d'arbres et d'arbustes et l'aménagement d'un couvert au sol composé d'agropyres, de luzerne et de fétuques (Butler, 1990). La remise en état de mines à ciel ouvert abandonnées a permis d'améliorer l'habitat du mouflon d'Amérique en Alberta. Des secteurs ont assuré une meilleure sécurité au mouflon, le paysage a été redessiné, l'approvisionnement en fourrage a été amélioré et des terrains salins d'une importance cruciale ont été aménagés, d'où une productivité et une survie sans précédent du mouflon d'Amérique. L'atténuation des répercussions d'un projet est devenue la principale formule utilisée par les gestionnaires des habitats fauniques. Tout en permettant de minimiser les incidences d'un développement fragmentaire, cette formule a toutefois une valeur à long terme limitée en raison même de la nature expansionniste de la plupart des projets de développement et de l'application inadéquate des permis à approbation conditionnelle.

L'évaluation des incidences environnementales, préalablement à un projet, contribue à assurer que les valeurs des habitats fauniques et floristiques sont mieux prises en compte dans les projets industriels. L'une des faiblesses de cette évaluation réside dans le fait qu'elle est principalement conçue pour des projets propres à un site et échelonnés sur une période donnée; les évaluations individuelles n'abordent pas adéquatement les conséquences à long terme, indirectes, secondaires et cumulatives de tous les projets (Richardson, 1989). De plus, les organismes qui effectuent l'évaluation des incidences environnementales de leurs projets et prévoient des mesures d'atténuation ne disposent généralement pas d'une expertise appropriée en matière d'habitat. Par conséquent, les conditions qu'ils exigent pour des projets particuliers sont souvent insuffisantes pour assurer la protection des habitats.

Le secteur minier collabore de plus en plus avec les gestionnaires de la faune pour conserver les habitats (voir le chapitre 11). Cette collaboration a donné de bons résultats en Colombie-Britannique et en Alberta, où l'emplacement des dépôts de charbon à proximité des pistes du wapiti et du mouflon d'Amérique constituait une énorme menace de fragmentation de l'habitat. Une autre grande réussite est le Programme de gestion de la faune de Stadacona, dans le nord-ouest du Québec, avec l'enlèvement de déblais miniers qui contaminaient des milieux humides avoisinants.

Les organismes non gouvernementaux jouent également un rôle de plus en plus important dans la prévention ou l'atténuation des dommages causés à l'habitat par les projets industriels. À Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, le Nature Trust du Nouveau-Brunswick et la Société canadienne pour la conservation de la nature ont acheté 1,2 ha d'habitat où un projet hydroélectrique menaçait de détruire 40 % de la population canadienne connue de pédiculaire de Furbish, l'une des plantes les plus rares dans le monde (MacLeod, 1990). Ce terrain pourrait toutefois être réquisitionné pour les besoins du projet et une étude provinciale de faisabilité est imminente.

Les polluants des habitats canadiens

La contamination de l'environnement est actuellement l'un des enjeux environnementaux les plus débattus au Canada.

Les dépôts acides – Les efforts déployés pour atténuer les répercussions des contaminants atmosphériques sur les habitats fauniques au Canada ont surtout porté sur les dépôts acides. Étant donné l'envergure internationale de ce problème, les États-Unis et le Canada ont convenu de réduire considérablement leurs émissions acides (voir le chapitre 24). Il reste toutefois à voir si les réductions ralentiront de façon immédiate la détérioration des habitats palustres et aquatiques de l'est du Canada. Entre-temps, il faut s'atteler à la tâche de remettre en état les habitats perdus ou gravement dégradés.

L'appauvrissement de la couche d'ozone – Les problèmes planétaires exigent des solutions planétaires. À cette fin, les chefs d'État se sont réunis pour signer le Protocole de Montréal de 1987, un document promettant une réduction mondiale de 50 % de l'utilisation des CFC et des halons, des gaz qui appauvrissent la couche d'ozone. Le Canada et certains pays européens sont allés encore plus loin en 1990 en s'engageant à éliminer l'utilisation de certains CFC et halons d'ici l'an 1997 (voir le chapitre 2).

La disparition des habitats aquatiques – Le ministère des Pêches et des Océans, en partie pour faire face à la disparition et à la dégradation des habitats causées par la pollution urbaine et industrielle, a publié en 1986 sa Politique de gestion des habitats du poisson stipulant qu'il ne devait y avoir aucune perte nette de la capacité productive des habitats aquatiques. Cette politique demeure l'un de nos meilleurs exemples nationaux de l'application de la notion de développement durable à la gestion de l'habitat. Elle n'exclut pas toute disparition d'habitat; elle exige plutôt que toute perte soit compensée ailleurs par des activités de remise en état de l'habitat, ce qui pourrait avoir une incidence marquée sur la gestion des stocks de poissons et les aménagements côtiers. À l'heure actuelle, Pêches et Océans Canada joue un rôle de premier plan dans tout projet susceptible de causer des dommages aux habitats aquatiques.

Depuis plusieurs décennies, la pollution est une grave menace pour les eaux douces du Canada, en particulier dans les réseaux des Grands Lacs et du Saint-Laurent (voir les chapitres 18 et 19). En 1972, la Commission mixte internationale, organisme bilatéral réunissant le Canada et les États-Unis, établissait l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs afin de remettre en état et de conserver la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Cet accord, remanié en 1978 afin de tenir compte des charges de contaminants toxiques déversées dans les Grands Lacs, préconise une méthode écosystémique pour protéger à la fois la qualité de l'eau et la santé des Grands Lacs. Il a de nouveau été révisé en 1987 afin d'englober le dépôt atmosphérique de contaminants, les sédiments

contaminés, les eaux souterraines et la pollution provenant de sources non ponctuelles. L'Accord stipule que l'Ontario et les huit États limitrophes des Grands Lacs doivent élaborer des plans de mesures correctives pour les « secteurs de préoccupation » situés sur leur territoire (Hartig et Hartig, 1990; voir également l'encadré 18.3). Les plans de mesures correctives doivent définir les problèmes environnementaux, leurs causes et leurs limites géographiques et déterminer ensuite les mesures à prendre pour régler les problèmes. Des plans ont été élaborés pour les 43 secteurs de préoccupation; à cette fin, des comités locaux, des groupes d'intéressés ou des comités consultatifs publics ont été créés dans 32 secteurs afin d'encourager la collaboration entre les nombreux établissements concernés (Hartig et collab., 1990).

De nombreuses autres initiatives prises tant à l'échelle fédérale que provinciale sont destinées à protéger les habitats aquatiques. Parmi les lois fédérales en vigueur, mentionnons la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* visant à limiter la pollution industrielle et la *Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques* concernant les interventions contre les menaces uniques qui pèsent sur l'océan Arctique. En Ontario, la Stratégie municipale et industrielle de dépollution est destinée à réduire les rejets d'effluents dans la province. Au Québec, deux initiatives susceptibles de réduire la pollution de source ponctuelle et de remettre en état les habitats contaminés dans le fleuve Saint-Laurent et son estuaire sont le Plan d'action Saint-Laurent (voir le chapitre 19) et le projet de parc national marin à l'embouchure du Saguenay. Il est essentiel de prévenir toute pollution future, mais le Canada doit se doter, de toute urgence, d'un plus grand nombre de programmes semblables au Plan d'action Saint-Laurent afin de nettoyer les habitats aquatiques et terrestres qui ont été exposés au déversement de contaminants depuis des décennies.

Les parcs

Le gouvernement fédéral s'est engagé à négocier des ententes pour créer les autres parcs nécessaires à l'achèvement de la composante terrestre du réseau de parcs nationaux du Canada d'ici l'an 2000 (Gouvernement du Canada, 1990). Par ailleurs, la pression intensive exercée, chaque année, par la demande d'activités récréatives dans les parcs nationaux a donné lieu à l'adoption, en 1988, d'une modification à la *Loi sur les parcs nationaux*. Ce changement oblige les gestionnaires des parcs à concilier l'objectif d'intégrité écologique des parcs nationaux avec la demande croissante du public pour un meilleur accès aux activités récréatives dans ces parcs.

Dans les cas où des secteurs renfermant des habitats essentiels ne peuvent résister aux pressions exercées par les activités récréatives, les gestionnaires des parcs, tant au niveau fédéral que provincial, commencent à en limiter l'accès au public. Cependant, une conception globale de la conservation des sites vulnérables, des parcs et des couloirs de migration fait toujours défaut et il reste beaucoup de travail à faire pour s'assurer que des mesures efficaces soient prises afin d'empêcher que des activités récréatives et autres dans les parcs et à leur périphérie entraînent la fragmentation éventuelle des habitats.

Néanmoins, de nombreux efforts ont récemment été déployés par les provinces et les territoires pour renforcer efficacement la protection des aires d'importance. En voici quelques exemples :

- Le Québec a mis en réserve plus de 3,5 millions d'hectares en vue de la création future de parcs.
- L'Ontario a protégé une vaste portion de la vallée de la rivière Rouge, établissant un précédent de taille en matière de protection de l'habitat dans une grande région urbaine.
- Le Yukon envisage de mettre sur pied un réseau de parcs représentatifs de toutes ses régions naturelles.
- Le programme d'observation des espèces sauvages de la Colombie-Britannique est une initiative quinquennale, dotée d'un budget de 1,7 million de dollars, qui favorise la découverte et la compréhension des espèces sauvages, y compris le poisson, par le public. Ce programme, qui a débuté en 1989, vise l'aménagement et l'entretien de 51 sites d'observation éparpillés dans l'ensemble de la province.

Les autres aires protégées

Les réserves écologiques sont des zones désignées pour assurer le maintien de la biodiversité naturelle et préserver les écosystèmes du Canada (voir également le chapitre 7). Le Conseil canadien des aires écologiques, dans son Registre national des aires écologiques au Canada, a répertorié toutes ces réserves ainsi que d'autres aires naturelles qui assurent la conservation des écosystèmes. Plus de 2 000 réserves écologiques et autres aires naturelles couvrent au total plus de 6,9 millions d'hectares. Environ 400 de ces zones, d'une superficie de plus de 3 millions d'hectares, sont gérées par des organismes fédéraux; les autres relèvent d'organismes provinciaux, territoriaux et privés.

Les refuges d'oiseaux migrateurs désignés par le gouvernement fédéral protègent près de 11,3 millions d'hectares de terres de la Couronne et de terres privées dans tout le Canada. Depuis 1917, le réseau est passé de 2 à 100 sites (voir également le chapitre 7). Le gouvernement du Canada, seul ou en collaboration avec les gouvernements provinciaux, gère également 45 réserves nationales de faune qui protègent 305 373 ha d'habitats d'importance pour les oiseaux migrateurs et d'autres espèces sauvages (voir également le chapitre 7). Ainsi, la réserve nationale de faune du lac Last-Mountain, en Saskatchewan, offre pendant toute l'année un abri à une grande variété d'espèces fauniques des Prairies ainsi qu'à des milliers de canards, d'oies et de bernaches, d'oiseaux de rivage et de grues qui

quittent leurs aires de reproduction de l'Arctique et migrent vers le sud. D'autres réserves, comme celle de Vaseux-Bighorn, dans la région de l'Okanagan en Colombie-Britannique, protègent des habitats uniques. Cette dernière réserve englobe une fraction de la partie la plus septentrionale du désert du Grand Bassin, qui accueille le mouflon de la Californie, le troglodyte des canyons, le crapaud fouisseur, l'iguane à petites cornes et d'autres espèces dont la présence au Canada est unique en ces lieux. Chaque réserve nationale de faune est gérée afin de préserver ou d'accroître sa valeur pour la faune, ce qui n'exclut pas nécessairement des activités raisonnables de chasse, de piégeage, de pêche, d'observation d'oiseaux, de randonnée pédestre et de canotage. En 1992, le gouvernement fédéral mettra également sur pied un réseau national d'habitats fauniques dans le cadre de son projet de Stratégie nationale sur la faune (Gouvernement du Canada, 1990).

De nombreux habitats palustres du Canada, qui sont déjà protégés par une loi fédérale ou provinciale, ont également été désignés en vertu de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, ou Convention de Ramsar (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, 1986; voir aussi le chapitre 7). Cette Convention renforce la protection en vigueur en attirant l'attention internationale sur les milieux humides classés. Le Canada compte 30 sites Ramsar d'une superficie totale d'environ 13 millions d'hectares. La Réserve nationale de faune de Cap-Tourmente, au Québec, désignée site Ramsar en 1981, est renommée comme principale halte migratoire automnale et printanière de la grande oie des neiges. Au lac Beaverhill, en Alberta, le lac et les terres agricoles environnantes constituent une halte migratoire d'une productivité exceptionnelle pour plus de 220 espèces d'oiseaux. À Beaverhill, l'administration municipale et des organismes non gouvernementaux intéressés se sont occupés d'aménager un site d'observation et un centre d'interprétation pour le public.

De nombreuses espèces d'oiseaux de rivage du Canada hivernent en Amérique du Sud. Lors de leur migration, ils se rassemblent en grand nombre dans quelques endroits clés pour se nourrir et se reposer. Le gouvernement et les organismes privés ont créé de concert le Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental afin de promouvoir une protection et une gestion coopératives internationales des habitats essentiels pour les oiseaux de rivage. Deux secteurs de la baie de Fundy — la baie de Shepody, au Nouveau-Brunswick, et le bassin Minas, en Nouvelle-Écosse — ont été classés parmi les sites de l'hémisphère en raison de leur importance vitale comme halte migratoire pour les plus fortes concentrations d'oiseaux de rivage dans l'est de l'Amérique du Nord.

Les organismes non gouvernementaux jouent un rôle capital dans la conservation des habitats. Canards Illimités Canada compte actuellement près de 6 000 segments de projets actifs portant sur une superficie totale protégée de plus de 6,9 millions d'hectares (Canards Illimités Canada, 1991). Près de 32 millions de dollars du budget 1990 de Canards Illimités Canada ont été alloués à la mise en valeur des habitats (amélioration des milieux de la sauvagine et d'autres espèces fauniques) et près de 915 000 ha au total ont été aménagés jusqu'ici.

Habitat faunique Canada est un organisme non gouvernemental dont la philosophie de base est fondée sur le principe suivant : l'intégrité écologique des paysages est essentielle si le Canada veut conserver son rôle de grand pourvoyeur de ressources naturelles (Habitat faunique Canada, 1991). Habitat faunique Canada s'associe à des propriétaires fonciers privés, à d'autres organismes de conservation, aux gouvernements et à l'industrie pour restaurer, mettre en valeur et protéger l'ensemble du paysage canadien. Ses efforts se concentrent dans quatre domaines : le paysage agricole, le paysage forestier, le paysage nordique et les milieux humides et autres paysages d'importance capitale. Habitat faunique Canada finance des projets et apporte un soutien financier à des programmes d'encouragement des propriétaires, en s'efforçant de garantir la présence de populations fauniques saines et diversifiées sur les terres agricoles, dans les forêts et même dans les villes.

La Campagne sur les espaces en danger, menée par le Fonds mondial pour la nature Canada, vise à conserver la biodiversité du Canada grâce à la protection d'un échantillon représentatif de chacune des régions naturelles du pays (Fonds mondial pour la nature Canada, 1990). La Campagne rallie quelque 140 groupes, soit la plus vaste coalition jamais réalisée autour d'un enjeu environnemental au Canada.

La Société canadienne pour la conservation de la nature est un organisme sans but lucratif qui, depuis plus de 25 ans, veille à la protection d'habitats fauniques situés sur des terres privées. Ainsi, grâce à des fonds octroyés par Habitat faunique Canada et avec l'aide de l'Ottawa Field Naturalists' Club et d'autres partenaires, elle a acheté 1 370 ha du bog Alfred dans le sud-est de l'Ontario, la plus grande tourbière continue du Canada au sud du Bouclier canadien. La gestion en sera confiée à un office local de protection de la nature (Hackman, 1989). La Société tente d'acheter et de protéger une trentaine d'autres sites au Canada. Elle a collaboré récemment avec le Service canadien des parcs et la Fédération canadienne de la nature en vue de l'acquisition des terres qui feront partie du parc national des Prairies dans le sud de la Saskatchewan.

D'autres organismes plus locaux ont des intérêts semblables. Ainsi, le Nature Trust of British Columbia, depuis sa création en 1971, a appuyé une centaine de projets de conservation comportant 164 acquisitions et concessions de terres et permettant de protéger plus de 10 150 ha.

CONCLUSION

Les espèces sauvages du Canada suscitent l'envie du monde entier. La richesse de nos ressources fauniques et floristiques — et, en fait, de notre diversité biologique — est liée à la santé des habitats. Depuis le milieu des années 1980, les Canadiens ont accompli de grands progrès en matière de conservation de l'habitat. Il reste toutefois plusieurs problèmes à résoudre : l'incompatibilité des objectifs de plusieurs secteurs des ressources, la complexité des programmes de gestion des ressources et le manque de coordination des politiques d'utilisation des terres. Les décideurs ne disposent pas encore d'un cadre d'action général et de ressources financières suffisantes pour passer à l'action. La rareté générale de données récentes portant sur la quantité et la qualité des habitats de presque toutes les espèces fauniques et floristiques entrave encore davantage une action positive et une planification régionale (voir l'encadré 26.2).

Au cours des cinq dernières années, des programmes particulièrement prometteurs ont démontré comment les demandes exercées traditionnellement par l'économie sur les ressources naturelles et les terres du Canada peuvent être intégrées efficacement à la demande croissante en faveur d'une gestion de l'environnement. La richesse et la diversité des paysages du Canada sont, dans une large mesure, notre plus grande richesse; il nous appartient donc de mieux comprendre leurs processus afin de pouvoir les utiliser intelligemment et prudemment.

Au cours des cinq prochaines années, les partisans de la conservation au Canada se doivent d'adopter une stratégie bien articulée sur les habitats fauniques et floristiques. Cette stratégie doit non seulement porter sur tous les paysages, mais elle doit aussi incorporer clairement des objectifs environnementaux plus précis et plus restreints. Elle doit par-dessus tout reconnaître l'importance de la faune et la flore dans son sens le plus large et conserver une gamme d'habitats pour répondre aux besoins de l'ensemble des plantes et des animaux sauvages.

Cette conception holistique nécessitera une réflexion qui devra laisser libre cours à l'imagination et à la stratégie. Elle exigera une méthode écosystémique globale de l'utilisation des terres fondée sur un système de classification écologique du territoire. Par ailleurs, les Canadiens ont besoin de suffisamment de données pour être en mesure d'évaluer de façon globale l'état des habitats fauniques et floristiques du pays et prendre des mesures positives. Les programmes exigeront une planification proactive et intégrée qui mesure l'incidence de toutes les activités humaines sur les sols, l'eau, la végétation et les autres composantes de l'habitat du pays.

Le défi des années 1990 consistera, pour la communauté de la conservation, à intensifier les activités menées conjointement avec d'autres secteurs des ressources et à modeler les paysages viables de demain qui assureront l'intégrité des terres. C'est seulement à ce moment-là que les Canadiens pourront améliorer et préserver la qualité de leur environnement, maintenir sa diversité biologique et mesurer les progrès accomplis en vue d'un développement durable.

OUVRAGES CITÉS

Agriculture Canada. 1991. *Annonce du programme de soutien et d'ajustement en agriculture.* Fiche d'information : Aide à l'aménagement des terres — Programme d'établissement du couvert végétal permanent. 28 avril 1991. Ottawa.

Alberta Water Resources Commission. 1990. *Wetlands: values and options – a draft policy for the management of wetlands in the settled area of Alberta.* Edmonton.

Algie, J. 1988. « Plowman, spare that field! » *Canadian Geographic*, 108(5) : 62–69.

Anderson, J.C., et J.R. Reid. 1990. *Northern resources at risk to climatic change.* Inédit. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Bailey, E.A. 1990. « A parable for parks: how we legally protect ecosystems. » *Environment Views*, 13(2) : 5–10. Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton.

Butler, D. 1990. « The greening of Rogers Pass. » *Nature Canada*, 19(4) : 40–44.

Canards Illimités Canada. 1991. *Rapport annuel de 1990 pour l'année se terminant le 31 décembre 1990.* Ottawa.

Clarke, H.A., C.D.A. Rubec, M.R. McKechnie et J.D. McCuaig. 1989. « Wetland conservation leadership in Canada. » Pages 743–750 dans : Marchand, M., et H.A. Udo de Haes (réd.). *The people's role in wetland management.* Compte rendu de la Conférence internationale sur les terres humides, 5–8 juin 1989, Leiden, Pays-Bas.

Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin. 1990. *Protégeons nos eaux.* Ottawa.

Comité pour un Canada vert. 1989. *Créer un Canada vert. Un programme fédéral pour la sauvegarde de l'environnement.* Ottawa.

Conseil canadien des ministres des Forêts. 1987. *Une stratégie nationale pour le secteur forestier canadien.* Saint-Jean (Nouveau-Brunswick).

Conseil des sciences du Canada. 1988. *De l'eau pour demain.* Rapport n° 40. Ottawa.

Delisle, C.E., et M.A. Bouchard (réd.). 1990. « Des joules dans l'eau — effets des aménagements hydroélectriques sur le milieu. » Compte rendu d'un symposium de la Société canadienne des biologistes de l'environnement, les 6 et 7 avril 1989, Montréal. Collection Environnement et Géologie, Volume 9, Université de Montréal.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver.* Feuillet d'information n° 86–4. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1988. *Les pluies acides : une évaluation nationale de la sensibilité.* Fiche d'information sur l'environnement n° 88–1. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Environnement Canada. 1991. *Purple loosestrife* (Lythrum salicaria) *infestations in Canada: a national status report.* Inédit. Division de la conservation de l'habitat, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Federation of Ontario Naturalists et Environnement Canada. 1987. *Wetlands conservation policy in Canada: recommandations by nongovernment organizations.* Compte rendu d'un atelier, février 1987.

Fellman, B. 1990. « Sacrificial lakes. » *International Wildlife*, 20(4) : 30–35.

Fonds mondial pour la nature Canada. 1990. *Espaces en danger. Rapport d'étape n° 1.* Toronto.

Forêts Canada. 1991. *L'état des forêts au Canada.* Rapport au Parlement de 1990. Ottawa.

ENCADRÉ 26.2

Données sur les habitats : amélioration des banques de données incomplètes

L'Inventaire des terres du Canada (ITC), qui était la première tentative mondiale de création d'une base de données sur les ressources nationales, a maintenant plus de 25 ans. L'ITC porte sur 260 millions d'hectares et constitue toujours l'inventaire le plus complet des ressources du Canada, mais il ne fournit des données que sur l'habitat des ongulés et de la sauvagine. Le Canada, s'il veut atteindre ses objectifs de développement durable, doit se doter de connaissances plus approfondies sur les ressources du pays.

En 1987, le Groupe d'étude de l'établissement d'un bilan de l'environnement, mis sur pied pour évaluer la collecte et la communication de données sur l'environnement au Canada, a cerné plusieurs problèmes de taille. Ainsi, le Canada ne disposait d'aucun programme national permanent adéquat pour surveiller la présence de matières toxiques chez les espèces sauvages et dans les habitats. Les données canadiennes sur la qualité de l'eau des habitats d'eau douce ne sont pas exhaustives et ont tendance à se concentrer sur des bassins fluviaux particuliers où des études d'envergure ont été effectuées. Règle générale, il n'existe pas de données suffisantes pour comprendre le lien qui existe entre l'activité économique et la qualité de l'environnement, comme la qualité des habitats fauniques et floristiques.

Même lorsque des données et des renseignements adéquats sont disponibles, ils sont souvent difficiles d'accès. Ainsi, les données particulières à un site, prélevées pour des évaluations des incidences environnementales, sont très éparpillées et souvent difficiles à utiliser, car elles ont été recueillies de diverses façons. Le Canada est doté d'une multitude d'organismes chargés des ressources, qui disposent de différents ensembles de données et échelles cartographiques. Comment établir des relations entre les objectifs d'exploitation forestière et de gestion des espèces sauvages lorsque les données ne sont pas comparables, tant du point de vue de l'échelle que du détail ou du contexte écologique?

Les Canadiens ont besoin de données accessibles sur les habitats, présentées selon des formats compatibles. Les secteurs des ressources doivent s'entendre sur une classification qui permettra d'établir des liens entre les données. Divers secteurs doivent également s'entendre sur des normes : les gestionnaires doivent déterminer, décrire et mesurer les conditions minimales qui permettent à un paysage de rester indéfiniment viable et durable sur le plan écologique. Ces systèmes, même lorsqu'ils auront été mis en place, exigeront une surveillance générale afin d'étudier les incidences des changements d'utilisation des terres sur la qualité et la quantité des habitats.

Fort heureusement, notre base de données s'est beaucoup améliorée au cours des dernières années, surtout en raison des programmes provinciaux, territoriaux et fédéraux qui répertorient des habitats indispensables pour toute une variété d'espèces sauvages. Parmi ces programmes, mentionnons l'inventaire biophysique de la Colombie-Britannique, la collection de documents d'information sur l'utilisation des terres dans le Nord (qui portent sur l'ensemble du Yukon et la majeure partie des Territoires du Nord-Ouest), le système cartographique de l'Alberta sur les principales réserves d'espèces sauvages et l'utilisation des terres, l'inventaire des habitats d'espèces sauvages terrestres de la Saskatchewan et le modèle d'analyse de la disponibilité des habitats du Nouveau-Brunswick. Les initiatives du secteur privé ont également contribué largement à l'acquisition de données sur l'environnement au Canada :

- La Société canadienne pour la conservation de la nature met actuellement sur pied un réseau de centres provinciaux de données sur la conservation, qui seront exploités en collaboration avec des organismes gouvernementaux. Ces centres provinciaux collaboreront avec les centres situés dans onze pays d'Amérique latine et aux États-Unis afin de créer un centre de données sur la conservation pour l'ensemble de l'hémisphère.

- Canards Illimités Canada utilise l'image satellitaire pour dresser l'inventaire des milieux humides du Canada. Cet organisme dispose maintenant d'un inventaire de presque tous les bassins de milieux humides des régions des prairies et des prairies-parcs des provinces des Prairies. Il dresse également l'inventaire des habitats ontariens de la région de Clay Belt (près de Timmins) ainsi que des habitats des hautes terres des Prairies grâce au projet conjoint Habitat des Prairies du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.

- De petits groupes de naturalistes dévoués ont compilé des atlas des lieux de reproduction des oiseaux dans tout le pays.

De plus, un système d'inventaire systématique et écologique — la classification écologique du territoire — est en voie d'élaboration. Ce système, qui fait appel à diverses disciplines, permet de classer les unités géographiques importantes sur le plan écologique en fonction des profils identifiables des sols, des reliefs, de la végétation, de l'eau et du climat.

Forêts Canada et Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. 1990. *Statistiques sur l'aménagement forestier au Canada, 1977–1988.* Forêts Canada, Ottawa.

Forum sur la protection des terres humides. 1990. *Terres humides durables : un défi international des années 1990.* Secrétariat du Forum sur la protection des terres humides, Ottawa.

Foster, B. 1989. « The west coast: Canada's rain forest. » Pages 196–210 dans : Hummel, M. (réd.) *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Gauthier, D.A., et J.D. Henry. 1989. « Misunderstanding the prairies. » Pages 183–193 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Girt, J. 1990. *Common ground: recommendations for policy reform to integrate wildlife habitat, environmental, and agricultural objectives on the farm.* Habitat faunique Canada, Ottawa.

Glooschenko, V., P. Blancher, J. Herskowitz, R. Fulthorpe et S. Rang. 1986. « Association of wetland acidity with reproductive parameters and insect prey of the Eastern Kingbird *(Tyrannus tyrannus)* near Sudbury, Ontario. » *Water, Air, and Soil Pollution,* 30 : 553–567.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada.* Disponible auprès d'Environnement Canada.

Groupe de travail sur les indicateurs. 1991. *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada.* Rapport EDE nº 91–1. Groupe de travail sur les indicateurs, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Groupe d'étude de l'établissement d'un bilan de l'environnement. 1987. *Une étude sur l'établissement d'un bilan de l'environnement au Canada.* Division de l'interprétation des données environnementales, Environnement Canada, Ottawa.

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique. 1990. *Rapport du groupe de travail I. Aspects scientifiques.* Vol. 1. Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève.

Habitat faunique Canada. 1991. *L'état des habitats fauniques au Canada : réalités et perspectives.* Ottawa.

Hackman, A. 1989. « Ontario's park system comes of age. » Pages 165–182 dans : Hummel, M. (réd.). *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Hartig, J.H., et P.D. Hartig. 1990. « Remedial action plans. » *Alternatives,* 17(3) : 26–31. Faculté des études environnementales, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Hartig, J.H., L. Lovett-Doust et P. Seidl. 1990. « Successes and challenges in developing and implementing remedial action plans to restore degraded areas of the Great Lakes. » Pages 269–278 dans : Fitzgibbon, J.E. (réd.). *International and transboundary water resources issues.* Technical Publication Series 90–1. American Water Resources Association, Washington, DC.

Hélie, R. 1991. *Les eaux de surface et l'acidification dans les provinces de l'Atlantique.* Fiche d'information. Conservation et Protection, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.

Hoechst Canada Inc. 1984. *Conservation for profit (CFP).* Regina.

Kay, B.H. 1989. *Les polluants dans le milieu marin de la Colombie-Britannique.* Feuillet d'information EDE nº 89–2. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

MacLeod, C. 1990. « Saving Furbish's lousewort. » *Nature Canada,* 19(2) : 15–16.

McCulley, K. 1983. *A review of petroleum development in critical wildlife habitat near Manyberries, Alberta.* Inédit. Direction de la protection de l'habitat, Division des ressources halieutiques et fauniques, ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta, Lethbridge (Alberta).

McLaren, C. 1990. « Heartwood. » *Equinox,* 53 : 42–55.

McNicol, D.K., P.J. Blancher et B.E. Bendell. 1987. « Waterfowl as indicators of wetland acidification in Ontario. » Pages 149–166 dans : Diamond, A.W., et F.L. Filion (réd.). *The value of birds.* D'après le compte rendu d'un symposium et d'un atelier qui se sont déroulés lors de la 19ᵉ Conférence mondiale du Conseil international pour la préservation des oiseaux, juin 1986, Université Queen's, Kingston (Ontario). Publication technique nº 6, Conseil international pour la préservation des oiseaux.

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 1989. *A discussion paper on old-growth forests, biodiversity, and wildlife in British Columbia.* Direction de la faune, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria.

Ministère des Parcs, du Loisir et de la Culture de la Saskatchewan. 1988. *Annual report 1987–88.* Regina.

Nikiforuk, A. 1990. « Islands of extinction. » *Equinox,* 52 : 30–43.

Nilson, A., et J. Green. 1990. « Wildlife habitat mitigation for the Oldman River dam project. » Pages 431–453 dans : Delisle, C.E., et M.A. Bouchard (réd.). *Des joules dans l'eau — effets des aménagements hydroélectriques sur le milieu.* Compte rendu d'un symposium de la Société canadienne des biologistes de l'environnement, les 6 et 7 avril 1989, Montréal. Collection Environnement et Géologie, Vol. 9, Université de Montréal.

Nowland, J.L., et R.L. Halstead. 1986. *La terre : une ressource fragile.* Agriculture Canada, Ottawa.

Poyser, E.A. 1989. *Prairie Care: an extensive land management initiative under the North American Waterfowl Management Plan.* Inédit. Canards Illimités Canada, Winnipeg.

Reid, E.J. 1989. *Wildlife habitat enhancement program: year-end report (Year I).* Inédit. Ontario Federation of Anglers and Hunters, Toronto.

Richardson, N. 1989. *L'aménagement du territoire et le développement durable au Canada.* Conseil consultatif canadien de l'environnement, Ottawa.

Rizzo, B., et E.B. Wiken. 1989. « Assessing the sensitivity of Canada's ecosystems to climatic change. » Pages 94–111 dans : *Landscape–ecological impacts of climate change discussion report on Fennoscandian regions.* Article présenté lors de la Conférence européenne sur les incidences du changement climatique sur l'écologie du paysage, 3–7 décembre 1989, Lunteren, Pays-Bas.

Rowe, J.S. 1988. « On saving flora and fauna. » *The Canadian Plant Conservation Programme Newsletter,* 3(2) : 2–4.

Rubec, C.D.A. 1990. Carte inédite des pressions exercées sur les milieux humides du Canada d'après la classification des écorégions du Canada en fonction des activités humaines qui s'y déroulent et qui ont des incidences importantes sur la quantité et la qualité des milieux humides. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Rubec, C., P. Lynch-Stewart, G.M. Wickware et I. Kessel-Taylor. 1988. « Utilisation des terres humides au Canada. » Pages 379–412 dans : *Terres humides du Canada.* Groupe de travail national sur les terres humides, Comité canadien de la classification écologique du territoire. Série de la classification écologique du territoire nº 24. Direction du développement durable, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Soil Conservation Society of America. 1987. *Wetland conservation: a call for action.* Soil Conservation Society of America, section de l'Ontario, Don Mills (Ontario).

Thompson, I.D. 1987. « The myth of integrated wildlife/forestry management. » *Queen's Quarterly,* 94(3) : 609–621.

Thompson, R. 1989. *Co-operative watershed management project: Montague River.* Rapport intérimaire n° 6. Inédit.

Thompson, R. 1990. *Co-operative watershed management project: integrated land management: Montague River watershed, Prince Edward Island.* Rapport intérimaire n° 7. Inédit.

Turner, B.C., G.S. Hochbaum, F.D. Caswell et D.J. Nieman. 1987. *Agricultural impacts on wetland habitats on the Canadian prairies, 1981–85.* Compte rendu de la Conférence sur la faune et les richesses naturelles de l'Amérique du Nord, 52 : 206–215.

Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. 1986. *Convention relative aux zones humides d'importance internationale.* Gland, Suisse.

U.S. Department of the Interior et Environnement Canada. 1986. *Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. Stratégie de collaboration.* U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC, et Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

U.S. Department of the Interior et Environnement Canada. 1987. *Pour assurer l'avenir de la sauvagine : le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.* U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC, et Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Warren, C.L., et P.C. Rump. 1981. *Urbanisation des terres rurales au Canada : 1966–1971 et 1971–1976.* Série de l'utilisation des terres au Canada n° 20. Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Warren, C.L., A. Kerr et A.M. Turner. 1989. *Urbanisation des terres rurales au Canada, 1981–86.* Feuillet d'information EDE n° 89–1. Rapport sur l'état de l'environnement, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa.

Weins, T. 1990. *Saskatchewan wildlife habitat statistics.* Inédit. Ministère des Parcs et des Ressources renouvelables, Regina.

Wildlife Management Institute. 1987. *Wildlife: the environmental barometer.* Washington, DC.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Adams, L.W., et L.E. Dove. 1989. *Wildlife reserves and corridors in the urban environment.* National Institute for Urban Wildlife, Washington, DC.

Conseil consultatif canadien de l'environnement. 1991. *Une vision des zones protégées pour le Canada.* Environnement Canada, Ottawa.

Cundiff, B. 1990. « Vanishing old growth. » *Borealis*, 2(2) : 16–21.

Environment Council of Alberta. 1989. *A place for wildlife.* Document d'analyse préparé pour l'Alberta Conservation Strategy Project. Edmonton.

Fenger, M.A. 1989. *Clearcutting and the effects on wildlife.* Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Penticton, Colombie-Britannique.

Groupe de travail fédéral-provincial chargé de l'Enquête nationale de 1987 sur l'importance de la faune pour les Canadiens. 1989. *L'importance de la faune pour les Canadiens en 1987 : Rapport sommaire de l'enquête nationale.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Hummel, M. (réd.). 1989. *Endangered spaces: the future for Canada's wilderness.* Key Porter Books, Toronto.

Ministère des Richesses naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick. 1990. *Forest land habitat management in New Brunswick.* Direction des ressources halieutiques et fauniques, ministère des Richesses naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick, Fredericton.

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1990. *Landscaping for wildlife.* Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, en collaboration avec la Landscape Ontario–Horticultural Trades Association et l'Ontario Association of Landscape Architects, Toronto.

Trombetti, O., et K.W. Cox. 1990. *Land, law, and wildlife conservation: the role and use of conservation easements and covenants in Canada.* Habitat faunique Canada, Ottawa.

Wild West Steering Committee. 1987. *Let's leave some wild in the west — prospectus for a prairie conservation action plan.* Fonds mondial pour la nature Canada, Calgary (Alberta).

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été préparé par Habitat faunique Canada en vue de sa parution dans *L'état de l'environnement au Canada — 1991* et dans *L'état des habitats fauniques au Canada : réalités et perspectives*, une composante d'une série de rapports publiés par Habitat faunique Canada. Les principaux auteurs sont David Neave, Erin Nixon et Steven High; la coordination des manuscrits préliminaires a été assurée par Amanda Jones et Doris Goodwin.

Outre la révision assurée par un membre du Comité consultatif public sur les rapports sur l'état de l'environnement, une évaluation du manuscrit a été effectuée à l'externe par Valerius Geist, Université de Calgary, de même que par Gerry Lee et Leigh Warren, Service canadien de la faune (Ottawa). Leurs conseils et leurs contributions ont permis de développer la matière du chapitre et d'enrichir les illustrations.

Plusieurs personnes ont révisé des parties du manuscrit à diverses étapes de son élaboration et ont apporté de précieux conseils sur son contenu et sa présentation. Les auteurs désirent remercier Peter Black, Énergie, Mines et Ressources Canada (Ottawa), Karen Brown, Pêches et Océans Canada (Ottawa), Don Gamble, Académie Rawson des sciences de l'eau (Ottawa), John Girt, expert-conseil (Ottawa), Gerry Luciuk et George Pearson, Administration du rétablissement agricole des Prairies (Régina), J.S. Maini, Forêts Canada (Ottawa), E.W. Manning, Rapport sur l'état de l'environnement (Ottawa), Bruce Stubbs, ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta (Edmonton), et Kim Stubbs, anciennement au ministère du Tourisme de l'Alberta (Edmonton).

Gary Ironside, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par J. Alexander Burnett, avec la collaboration de Judy A. Lord.

PARTIE V

CONCLUSION

27

GRACIEUSETÉ DE E.W. MANNING

POINTS SAILLANTS

L'environnement dans lequel nous vivons et que nous léguons à nos enfants est-il aussi sain que celui qui nous a été légué par la génération précédente? Oui et non. À maints égards, il l'est davantage, car nombre des pollutions les plus graves ont été réduites. Toutefois, beaucoup de problèmes de longue date n'ont pas encore été réglés de façon satisfaisante et de nouveaux problèmes et polluants continuent d'apparaître. Ce que nous ne connaissons pas peut nous surprendre et même nous faire du tort, et force est de constater que nous continuons de découvrir d'importantes lacunes dans nos connaissances.

■

Par nos actions, assurons-nous la pérennité de l'environnement? Pas encore, même s'il y a des signes de progrès. Nous réussissons à réduire les concentrations de la plupart des polluants que nous mesurons, mais il subsiste encore de nombreux points chauds. La gestion des ressources s'est améliorée, mais le niveau actuel des récoltes est supérieur à la capacité de production ou de renouvellement dans de nombreuses régions.

■

Les Canadiens continuent d'exercer sur l'environnement des pressions plus grandes que les habitants de la plupart des autres pays. Les progrès sont évidents dans la réduction, la réutilisation et le recyclage de certaines matières, mais notre mode de vie continue de reposer sur un niveau élevé de consommation.

■

Les Canadiens commencent à marquer des progrès et à relever le défi du développement durable. Le Canada a participé activement aux efforts internationaux déployés pour régler des problèmes mondiaux comme l'appauvrissement de la couche d'ozone, les dépôts acides et le changement climatique. Le Plan vert du Canada est maintenant en place, et les provinces et les territoires ont créé des tables rondes. De plus, beaucoup d'industries adoptent des lignes directrices et des codes de pratiques écologiques. Nombre de collectivités et de particuliers ont agi à l'échelon local. Toutefois, malgré ces initiatives, les facteurs environnementaux ne sont pas encore au cœur des décisions et des actions de la plupart des Canadiens.

■

Il subsiste des lacunes importantes dans l'information nécessaire pour faire rapport aux Canadiens sur l'état de l'environnement et sur l'impact de leurs activités. Il n'existe pas de surveillance nationale systématique de bon nombre de problèmes environnementaux. Par conséquent, il arrive fréquemment que les Canadiens ne reçoivent pas l'information intégrée nécessaire pour appuyer des décisions avisées dans ce domaine.

■

À maints égards, nous sommes aujourd'hui plus respectueux de notre environnement qu'il y a 25 ans. Il subsiste toutefois de nombreux problèmes et nous devrons modifier profondément nos attitudes et notre comportement si nous voulons bâtir un Canada durable pour les générations à venir. Nous devrons devenir de meilleurs gestionnaires et de l'environnement et aussi de nos propres actions et de leurs répercussions sur l'écosphère. Nous sommes à la croisée des chemins. La voie à prendre est évidemment celle du développement durable, mais nous ne nous y sommes pas encore engagés résolument et nous demeurons loin de notre destination.

■

TABLE DES MATIÈRES

Introduction ... 27-4
L'environnement et l'économie ... 27-4
Une perspective écosphérique ... 27-5
L'approvisionnement en ressources naturelles ... 27-5
Les pressions exercées par l'être humain sur l'écosphère ... 27-6
L'impact des techniques ... 27-7

Nos activités sont-elles viables? ... 27-7
Les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie ... 27-7
La transformation et la dégradation des écosystèmes ... 27-7
La pollution de l'air ... 27-11
La pollution de l'eau ... 27-11
La pollution des terres ... 27-12
La diversité biologique et génétique ... 27-12
Les espèces en péril ... 27-12
Les tendances en matière de diversité ... 27-13
L'exploitation viable des espèces et des écosystèmes ... 27-13
Les systèmes de production ... 27-13
La mesure de la viabilité ... 27-14
L'évolution de la demande ... 27-15
L'impact sur l'être humain ... 27-15
La santé ... 27-15
Les collectivités et la société ... 27-16

Les signes de progrès ... 27-16
Les réponses aux problèmes environnementaux ... 27-18
Prévoir et prévenir ... 27-18
Régler les problèmes du passé : dépollution et réglementation ... 27-18
L'innovation technologique ... 27-18
Les progrès dans la gestion des ressources ... 27-19
La gestion des ressources renouvelables ... 27-19
La gestion intégrale des ressources non renouvelables ... 27-20
La réduction de la consommation et des déchets ... 27-21
L'amélioration des zones bâties ... 27-21
Les stratégies de conservation et de développement durable ... 27-21
La nouvelle attitude écologique des gouvernements ... 27-22
Les partenaires dans la recherche de solutions ... 27-23
La modification du processus décisionnel des sociétés ... 27-23
L'atténuation de notre impact sur l'environnement ... 27-23

L'information sur l'état de l'environnement : un bilan ... 27-24
L'évaluation de l'état de l'environnement ... 27-24
La création d'une meilleure base de données pour l'avenir ... 27-25
Les indicateurs ... 27-25
La surveillance intégrée ... 27-25
La comptabilité environnementale ... 27-28
Vers un meilleur processus décisionnel en matière d'environnement ... 27-29

La gestion de l'environnement ... 27-29

Ouvrages cités 27-29

Pour de plus amples renseignements 27-30

Remerciements 27-30

Liste des figures

27.1 Vers un système viable 27-5

Liste des tableaux

27.1 Nos activités sont-elles viables? Sommaire des principales conclusions, par chapitre 27-8
27.2 Signes de progrès : exemples d'initiatives environnementales canadiennes et internationales 27-17
27.3 Données existantes aux fins des rapports sur l'état de l'environnement 27-26
27.4 Besoins de données pour les rapports sur l'état de l'environnement 27-28

> **« Malgré ses prétentions artistiques, son avancement et ses nombreuses réalisations, l'être humain doit son existence à une mince couche de sol de six pouces et à la pluie. »**
>
> Anonyme

INTRODUCTION

Parmi les millions d'espèces qui peuplent la Terre, l'espèce humaine est la seule qui puisse décider du sort de la planète. Or, il n'en a pas toujours été ainsi. Ce n'est que récemment que nous avons acquis cette faculté, par suite de l'explosion démographique mondiale et de l'acquisition de techniques qui ont amplifié notre capacité de consommer et de dégrader les ressources de la nature. À mesure que s'est accrue notre capacité de transformer l'environnement, nous avons eu tendance à remodeler la planète de manière à satisfaire nos besoins plutôt que d'adapter ces besoins à ce que la planète peut réalistement nous fournir de façon durable. Ce faisant, nous sommes devenus les principaux agents du changement environnemental presque partout dans le monde.

L'être humain utiliserait, directement ou indirectement, jusqu'à 40 % de la productivité primaire nette de tous les écosystèmes terrestres (Vitousek et collab., 1986) et cette proportion ne cesse d'augmenter. Une part de plus en plus grande de l'écosystème planétaire est gérée par les humains et pratiquement toutes les régions du globe sont modifiées d'une façon ou d'une autre. Ainsi, on estime que, depuis 1850, l'être humain a détruit le tiers du couvert forestier mondial pour satisfaire ses besoins en combustible, en bois d'œuvre et en terres agricoles (MacNeill et collab., 1991). De nombreux autres phénomènes tels que l'érosion des sols et les dépôts acides sont des sous-produits indirects et souvent imprévus de notre exploitation des richesses de la Terre.
L'impact des activités humaines se fait sentir jusque dans les coins les plus reculés de la planète — dans l'Arctique, l'Antarctique et le milieu de l'Atlantique et du Pacifique — loin des grands centres démographiques. Même l'atmosphère subit des transformations rapides et, par voie de conséquence, certains processus chimiques et physiques essentiels à la vie sur la planète.

Une multitude de signaux d'alarme — allant du dépérissement des forêts à la mort des lacs et à l'appauvrissement marqué de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique — donnent à penser que, non seulement au niveau des écosystèmes particuliers mais aussi de tout l'écosystème planétaire, le seuil de tolérance des agressions anthropiques sera bientôt atteint. Au cours des dernières décennies, de plus en plus de gens ont commencé à se demander si l'être humain pouvait continuer à abuser de l'environnement. Des mesures ont d'ailleurs été prises afin de contenir certains des problèmes environnementaux les plus graves. Mais il reste encore beaucoup de travail à faire si nous voulons que l'écosystème de la planète puisse se régénérer comme par le passé.

Comment peut-on concilier la pérennité de l'environnement et les besoins des êtres humains? Les pays du monde entier cherchent encore à atteindre un consensus sur cette question. Néanmoins, il est clair que nous devons réduire considérablement les pressions que nous exerçons sur l'écosphère; pour ce faire, nous devons apporter des changements fondamentaux à nos comportements, à nos modes de vie et à notre façon de faire des affaires.

L'environnement et l'économie

La pensée économique traditionnelle a largement négligé les facteurs environnementaux. Notre système économique est axé principalement sur la production de biens et de services pour lesquels il existe une demande. En fait, un segment actif du secteur économique vise à accroître cette demande. Lorsque l'environnement est pris en compte, il est considéré comme une réserve de biens susceptibles de satisfaire à cette demande.

Les coûts environnementaux de la mise en marché de ces biens — l'épuisement des réserves forestières et minérales, la destruction d'habitats, les effets sur la santé — sont largement laissés pour compte. Au mieux, les effets sur l'environnement sont considérés comme des externalités, c'est-à-dire des facteurs extérieurs à l'économie de marché, difficiles à mesurer et donc pratiquement impossibles à exprimer

en termes de dollars. Ils sont donc souvent omis du calcul des coûts et des bénéfices. Pourtant, au Canada et ailleurs dans le monde, il existe des preuves tangibles que la destruction environnementale représente un coût réel : les dommages sont de plus en plus manifestes et se traduisent par la pollution de l'air et de l'eau, la disparition d'espèces et la dégradation des terres. L'environnement n'est pas un bien « gratuit »; ses coûts sont intimement liés à notre présence sur la planète.

Du point de vue économique, l'environnement représente une forme de capital-nature, la source ultime de tous les biens et services. Fait plus important, il fournit les systèmes essentiels à la vie humaine et à celle des autres espèces. Ces systèmes ont des exigences variées qui transcendent les demandes du marché, notamment l'air pur et l'eau limpide, des terres fertiles, la stabilité climatique et la diversité génétique. Leur préservation constitue un gage d'avenir pour nous-mêmes et pour tous les autres habitants de la planète. Même si le marché ne reconnaît pas adéquatement la valeur de ces exigences, ces dernières sont tout aussi réelles que la demande de biens de consommation.

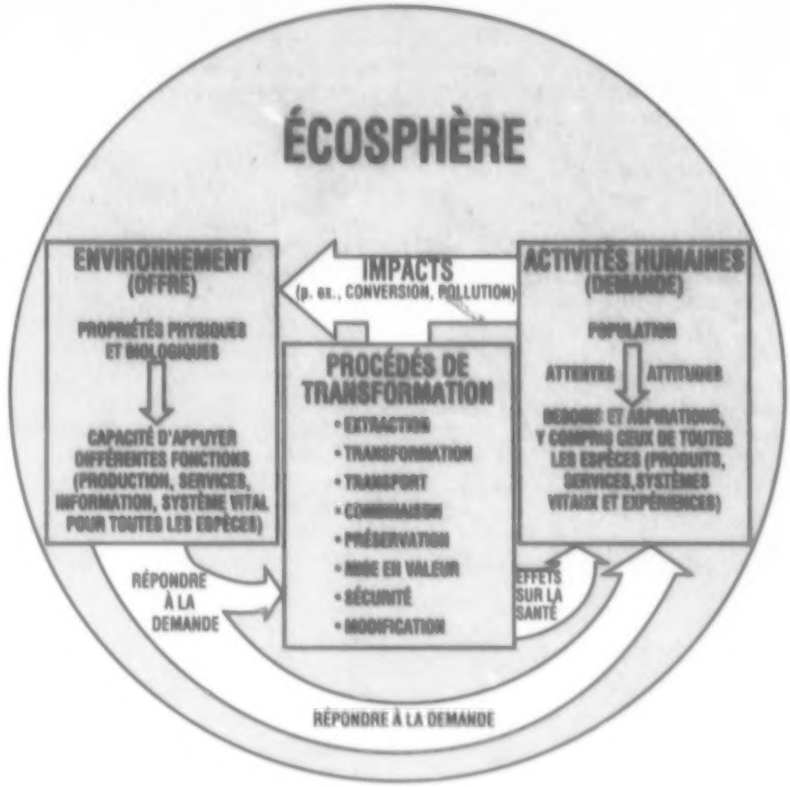
Lorsque les gouvernements réduisent leurs dépenses pour lutter contre un déficit, ils invoquent la responsabilité financière qui leur est dévolue à cet égard. En d'autres termes, ils disent vouloir vivre selon leurs moyens. De même, la responsabilité écologique signifie que les pressions exercées sur l'environnement doivent être maintenues dans les limites de la résilience et de la pérennité de l'écosphère. Sinon, nous accumulerons un déficit environnemental que nous transmettrons aux générations futures. Mais, contrairement aux déficits financiers, certains déficits environnementaux sont irréversibles.

Une perspective écosphérique

La figure 27.1 présente un modèle simple de l'offre et de la demande qui illustre le rôle de l'être humain, en tant

FIGURE 27.1

Vers un système viable



Source : Manning et collab., 1990.

que partie intégrante de l'écosphère et des différents écosystèmes, dans le changement environnemental. Ses besoins et ses aspirations constituent le volet « demande » du modèle, et les ressources naturelles, le volet « offre ». Ces deux volets sont reliés par les procédés de transformation permettant de convertir les matières premières en produits et services destinés à la consommation humaine. L'environnement change principalement sous l'effet de ces procédés qui, non seulement épuisent les réserves de certaines ressources naturelles mais rejettent également des polluants sous forme de déchets et de sous-produits dans l'écosphère. Pour combler ses besoins et ses aspirations, l'être humain enclenche une série d'impacts et de rétroactions qui influent sur les caractéristiques de l'environnement dont il est tributaire.

En montrant comment l'être humain transforme l'environnement, le modèle nous permet d'évaluer la viabilité de nos activités. En particulier, il attire notre attention sur trois points majeurs : la gestion de l'approvisionnement en ressources naturelles, la modification de nos demandes à l'égard de l'environnement et la gestion des effets de nos procédés de transformation. Ces trois points méritent un examen plus détaillé, car chacun représente un élément essentiel de la pérennité de l'ensemble du système.

L'approvisionnement en ressources naturelles

Une des principales caractéristiques de presque tous les écosystèmes, en tant que sources d'approvisionnement, est la diversité des biens qu'ils peuvent

procurer. Pour l'être humain, cette diversité signifie que les milieux naturels sont polyvalents, c'est-à-dire qu'ils peuvent fournir un large éventail de produits (nourriture, bois, eau, fourrures, etc.), de services (lutte contre les inondations, habitat, dilution des polluants, etc.) et d'expériences (activités récréatives, plaisir esthétique, etc.). La combinaison de besoins auxquels peut répondre un milieu dépend des propriétés biologiques et physiques de ce milieu.

Pour l'ensemble de l'écosystème, cette diversité joue un rôle primordial puisque tous les éléments de l'écosystème sont interdépendants. Chaque espèce dépend des autres formes vivantes et inorganiques du système pour sa nourriture, son habitat et, dans certains cas, sa reproduction. Dans une telle structure complexe et équilibrée, la disparition ou la transformation d'une seule partie, même infime, peut avoir de graves répercussions sur l'ensemble du système.

Toutefois, la diversité diminue de plus en plus au fur et à mesure que l'être humain transforme les écosystèmes mondiaux pour satisfaire des besoins précis et souvent à court terme. Par exemple, les agriculteurs et les forestiers cultivent habituellement un nombre limité d'espèces au détriment des autres qui partageaient jadis le même habitat. Lorsqu'un milieu est exploité à une seule fin, il lui est plus difficile de répondre à d'autres besoins. D'autres activités comme le déboisement et l'assèchement des milieux humides peuvent également avoir des effets radicaux sur les formes vivantes et inorganiques du milieu.

Toutes les activités humaines peuvent avoir un effet sur l'environnement. Le déboisement à des fins agricoles modifie la capacité biotique du milieu pour la faune et la flore ainsi que les possibilités récréatives des terres. Même des activités apparemment inoffensives, comme l'utilisation monovalente des terres (p. ex., par la restriction de l'approvisionnement en eau), limitent en fait la capacité de celles-ci de satisfaire à d'autres demandes comme l'exploitation forestière ou les activités récréatives. Pour atteindre l'objectif du développement durable, nous devons comprendre et gérer les effets des changements que nous apportons au milieu. Sinon, ce dernier peut devenir moins apte à remplir d'autres fonctions essentielles non seulement à sa régénération, mais aussi à l'intégrité de l'écosphère.

Les pressions exercées par l'être humain sur l'écosphère

Au XVI^e siècle, lorsque la bourgade d'Hochelaga comptait à peine 1 500 habitants, son impact sur l'environnement était négligeable. Les déchets, peu nombreux et d'origine entièrement naturelle, étaient facilement assimilés par l'air, le sol et les eaux du Saint-Laurent. Aujourd'hui, la situation est totalement différente. Montréal est un centre urbain industrialisé de près de 3 millions d'habitants, et le milieu local ne peut plus assimiler et neutraliser les déchets. En outre, ces déchets — dont des milliers de tonnes de gaz d'échappement, de produits chimiques industriels et de composés synthétiques — sont très différents de ceux produits dans le passé et beaucoup plus nocifs pour l'environnement.

La croissance de Montréal et l'évolution de ses impacts sur l'environnement illustrent un phénomène mondial beaucoup plus étendu. Au début du XVIII^e siècle, la Terre comptait moins de 600 millions d'habitants; depuis, la population du globe a décuplé et avoisine actuellement les 6 milliards. Cette croissance démographique signifie que le même environnement doit subvenir aux besoins d'un nombre grandissant d'êtres humains et absorber les impacts de leurs activités.

Ces impacts représentent un grave danger. Contrairement aux sociétés qui l'ont précédée, la société industrielle moderne a multiplié les utilisations des ressources et les apports de polluants. L'impact de l'être humain sur l'environnement a beaucoup plus que décuplé. L'histoire renferme de nombreux exemples de sociétés — comme celles des Babyloniens, des Mayas et des habitants de l'île de Pâques — qui se sont effondrées en raison, du moins en partie, des pressions qu'elles ont exercées sur l'environnement.

Les Canadiens sont choyés, car ils vivent dans un environnement dont la capacité de charge est élevée par rapport à la taille de la population. Mais même cet environnement montre des signes de fatigue. En raison de la géographie de leur pays et de leur niveau de vie élevé, les Canadiens exercent des pressions très fortes sur leur milieu. Le Canadien moyen possède ou aimerait posséder une maison unifamiliale chauffée, une ou plusieurs voitures, un téléviseur, un réfrigérateur, un lave-vaisselle, un lave-linge et une sécheuse; il a facilement accès à l'électricité, aux combustibles fossiles et à l'eau potable. La voiture de luxe climatisée, le bateau de plaisance, le chalet et les voyages d'agrément servent souvent à mesurer la réussite d'une personne. Pour soutenir ce niveau de consommation, les Canadiens utilisent plus de ressources et produisent plus de déchets par habitant que les populations de la plupart des autres pays du monde. De fait, chaque Canadien consomme quatre-vingt fois plus d'énergie et de ressources qu'une personne vivant dans l'un des pays les plus pauvres du Sud.

Pour assurer un revenu élevé à ses habitants, le Canada exporte une bonne partie de ses ressources. Et pour maintenir notre niveau de vie, nous épuisons les ressources et dilapidons le capital-nature du pays au lieu de vivre des intérêts et des dividendes d'un environnement renouvelable bien géré.

De plus en plus, les populations plus pauvres aspirent aux biens et services déjà accessibles aux Canadiens et aux habitants des autres pays industrialisés : objets de luxe, mais aussi biens et services plus essentiels et utiles tels que l'eau potable, l'électricité, des moyens de transport privés et des appareils de réfrigération pour conserver les denrées périssables. Il existe un fossé énorme entre les mieux nantis et les plus démunis de la planète. Aujourd'hui, le quart de la population mondiale consomme plus de 75 % des ressources de la Terre; les autres habitants de la planète doivent donc se contenter du reste et vivent souvent sous le seuil de la pauvreté. Leurs aspirations à une meilleure qualité de vie sont tout à fait légitimes, mais la satisfaction de leurs besoins

pourrait exercer des pressions beaucoup plus fortes sur la planète, surtout si cela se faisait par le biais de techniques polluantes. En conséquence, le problème de la pérennité de l'environnement doit être résolu non seulement à l'échelon national mais aussi à l'echelon international.

L'impact des techniques

La technologie est un élément clé des procédés de transformation décrits à la figure 27.1; c'est donc elle qui détermine notre capacité de modifier l'environnement. Grâce à diverses techniques, nous pouvons extraire des ressources telles que le minerai de fer et celui-ci peut être transformé en fer et en acier. Ces matériaux servent à fabriquer d'autres pièces (blocs moteurs, essieux et carrosseries) qui, assemblées à d'autres pièces, donnent des produits finis complexes. Ces procédés sont interreliés grâce à d'autres techniques qui permettent de transporter les matières premières jusqu'aux raffineries et aux usines, et les produits finis jusqu'aux marchés.

Notre gamme très complexe de procédés, matériaux et produits a des impacts directs et souvent négatifs sur l'environnement : épuisement des ressources, dégradation des paysages et rejet de quantités considérables de polluants et d'autres sous-produits indésirables. L'effet cumulatif de ces impacts rend l'environnement moins capable de soutenir les fonctions essentielles au bien-être des humains et des autres espèces.

Les techniques ne permettent pas que de répondre à la demande, elles y ajoutent. Elles nous libèrent des servitudes de la subsistance et nous permettent d'avoir des loisirs qui, à leur tour, engendrent une nouvelle consommation de ressources naturelles. Après nous avoir permis de satisfaire nos besoins, qui sont limités, les techniques nous aident maintenant à combler nos aspirations qui, elles, sont illimitées.

NOS ACTIVITÉS SONT-ELLES VIABLES?

Que devons-nous faire pour atteindre l'objectif du développement durable? En répondant à cette question, les auteurs de la Stratégie mondiale de la conservation ont établi trois grands objectifs : maintenir les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie, préserver la diversité biologique et génétique et veiller à l'utilisation durable des espèces et des écosystèmes (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, 1980). Au cours de l'élaboration de la version préliminaire de la deuxième Stratégie mondiale de la conservation, une attention spéciale a également été accordée à la pérennité des systèmes humains, notamment les effets des objectifs poursuivis sur la santé et sur le bien-être social et économique.

Eu égard à ces quatre objectifs, le Canada a-t-il progressé vers le développement durable? La présente section tente de répondre à cette question à la lumière des analyses et des conclusions contenues dans d'autres chapitres. Le tableau 27.1 résume les conclusions de chaque chapitre relativement à ces objectifs.

Les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie

Le caractère distinct d'un écosystème dépend non seulement des espèces qui y vivent, mais également des interactions entre ces espèces. Certaines de ces interactions sont vitales pour le système, toute perturbation pouvant entraîner la disparition de certaines espèces, voire la destruction de l'écosystème. Ainsi, certains oiseaux nichent dans les arbres creux, morts ou moribonds. Or, lorsque ces arbres sont éliminés d'une région, ces oiseaux, privés d'un élément essentiel de leur habitat, ne peuvent plus y vivre.

Les éléments tels que l'air, l'eau et le sol, essentiels à la vie dans l'écosphère, sont garants de la survie de l'humanité. Par exemple, l'atmosphère est l'un des principaux constituants du système global qui entretient la vie : elle contient de l'oxygène et de l'humidité, régularise les températures et nous protège du rayonnement ultraviolet. Ces systèmes sont vulnérables aux activités humaines et toute perturbation de leurs processus fondamentaux peut mettre en péril toutes les formes de vie sur la planète.

La transformation et la dégradation des écosystèmes

Les Canadiens ont profondément marqué les écosystèmes naturels de leur pays, modifiant et éliminant, même, d'importantes caractéristiques de nombre d'entre eux dans le cours de leur conversion à d'autres usages. Au fil des ans, la plus grande partie des Prairies et du sud de l'Ontario s'est transformée en agro-écosystèmes, ce qui a entraîné la disparition d'une bonne part de la forêt naturelle et des pâturages; certains écosystèmes comme les forêts caroliniennes du Sud ontarien et les prairies à herbes hautes ne subsistent qu'en tant que vestiges isolés.

Les milieux humides ont également été très altérés. Environ 70 % de ceux des Prairies et de l'Ontario ont disparu depuis les débuts de la colonisation et, dans l'ensemble du pays, 7 874 000 ha de terres avaient été asséchés à des fins agricoles en 1989. Parallèlement, l'irrigation permet de convertir de plus en plus de terres sèches en terres agricoles. En 1988, les surfaces irriguées totalisaient 893 000 ha au Canada, soit plus du double de la superficie irriguée en 1970.

À mesure que les forêts sont aménagées, la diversité des essences forestières diminue. Des animaux et des oiseaux peuvent ainsi être privés d'un habitat et les forêts peuvent devenir plus vulnérables aux maladies et aux ravageurs. L'ampleur des effets de cette tendance sur les écosystèmes est cependant encore largement inconnue.

Une grande partie du Canada méridional a été transformée en un écosystème aménagé. De plus, à mesure que les villes s'étendent, d'autres écosystèmes

TABLEAU 27.1

Nos activités sont-elles viables? Sommaire des principales conclusions, par chapitre

Chapitre	Maintien des systèmes entretenant la vie	Préservation de la diversité biologique	Exploitation durable des espèces et des écosystèmes	Santé humaine et qualité de vie
1. Écosphère	• L'environnement est le système planétaire qui entretient la vie. • Ensemble, l'environnement et les systèmes humains constituent l'écosphère.	• La diversité biologique dépend de la santé et de la survie de l'ensemble du système.	• Les activités humaines continuent de menacer l'intégrité de l'écosphère et des espèces.	• Le bien-être de l'humanité dépend ultimement de la pérennité de l'écosphère et de ses systèmes.
2. Atmosphère	• Les concentrations des principaux contaminants surveillés (plomb, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, particules en suspension) ont baissé. • L'ozone de la basse troposphère n'a pas diminué.	• Un réchauffement majeur du climat accroîtrait le risque de disparition des espèces. • Certaines espèces sont très sensibles aux dépôts acides.	• L'ozone de la basse troposphère peut réduire le rendement des récoltes. • Les polluants atmosphériques et les modifications de l'ensoleillement peuvent influer sur la photosynthèse et avoir des effets encore inconnus sur la production.	• Les effets sur la santé de nombreux polluants atmosphériques sont peu connus. • Plus de la moitié des Canadiens sont exposés à des concentrations inacceptables d'ozone de la basse troposphère.
3. Eaux douces	• On a détecté 362 contaminants chimiques dans les Grands Lacs. • Les concentrations de phosphore ont diminué, celles de nombreux autres contaminants sont encore inacceptables et celles de l'azote ont augmenté dans les Grands Lacs. • 30 % des Canadiens vivant en milieu urbain continuent de déverser des eaux usées brutes dans les cours d'eau et les lacs.	• Les contaminants sont nocifs pour certaines espèces (p. ex., goélands argentés, bélugas). • Des espèces exotiques ont été introduites accidentellement (p. ex., lamproie marine, dresseina polymorphe, myriophylle verticillé d'Eurasie).	• La contamination limite la consommation de poissons et de coquillages et crustacés. • Les industries ont réduit leur consommation d'eau. • Les pénuries d'eau sont perçues comme un problème d'approvisionnement et non de croissance de la demande; de nombreux ouvrages de dérivation ont été construits.	• Le nombre des Canadiens dont les eaux sont traitées a augmenté de 28 % (1975–1989). • Les contaminants, surtout ceux détectés dans la chaîne alimentaire, soulèvent des inquiétudes dans maintes régions.
4. Océans	• Le nombre de zones préoccupantes est élevé. • De nombreux contaminants ont été détectés chez la faune côtière et dans son environnement.	• Peu d'écosystèmes marins sont protégés ou désignés comme parc ou réserve.	• 1,5 million de tonnes de poissons sont pris annuellement par des bateaux canadiens et étrangers dans les eaux maritimes du Canada, dont 75 % dans l'Atlantique. • La surpêche de certains stocks a entraîné la réduction des contingents et la fermeture d'usines de traitement du poisson sur la côte atlantique.	• Des craintes pour la santé ont été associées à la contamination des poissons et des coquillages et crustacés. • La fermeture de zones de pêche et la réduction des stocks de poissons ont entraîné des pertes d'emplois dans le secteur des pêches.
5. Terres	• L'urbanisation des terres de choix se poursuit : 60 % de l'expansion urbaine (1966–1986) s'est faite sur des terres de choix. • L'érosion, la salinisation et le compactage des sols touchent les terres productives; le cinquième des terres agricoles est très dégradé.	• Les activités humaines altèrent de nombreux habitats; une grande partie du sud du Canada est aménagée, ce qui influe sur les caractéristiques des habitats.	• Chaque année (1981–1986), 100 km^2 de terres ont été bâtis, dont 60 % sur des terres agricoles de choix. • Le coût estimatif de la dégradation des sols est de 600–900 millions de dollars par année (perte de production agricole).	• Les sites contaminés menacent la santé. • On se préoccupe de plus en plus du choix des sites devant servir à des utilisations présentant des risques et à l'élimination des déchets.
6. Faune et flore	• On continue de s'inquiéter de la perte et de la dégradation des habitats (milieux humides, paysages divers, systèmes vitaux pour certaines espèces). • De nombreux habitats sont contaminés. • La faune est un baromètre de la santé des écosystèmes.	• Le nombre d'espèces en danger de disparition, menacées et vulnérables augmente; on estime que 193 espèces sont en péril. • On sait que 9 espèces ont disparu complètement et que 10 espèces ont disparu au Canada depuis les débuts de la colonisation. • Les espèces exotiques (p. ex., salicaire pourpre) exercent des pressions.	• La chasse, la pêche, les activités récréatives, l'exploitation forestière et le tourisme dépendent de l'utilisation durable des espèces.	• De nombreux Canadiens travaillent dans le secteur du tourisme; la chasse est tributaire de la faune. • La faune rapporte 9,4 milliards de dollars par année aux Canadiens (récolte, utilisation, tourisme, etc.).
7. Aires protégées	• Il y a 3 000 aires protégées au Canada (7 % de la superficie du pays) dans des parcs et autres types de réserves. • Tous les écosystèmes ne sont pas représentés (p. ex., 54 % du réseau des parcs nationaux est complété).	• On s'inquiète de la superficie des aires protégées par rapport aux besoins des espèces. • Maintes aires protégées sont trop petites pour répondre à tous les besoins d'habitat de certaines espèces.	• L'accès et l'utilisation des aires protégées entrent en conflit avec les demandes de la foresterie et de l'agriculture (p. ex., vieilles forêts). • Les aires protégées sont encore exposées à la pollution et (ou) à la surexploitation.	• Les aires protégées profitent aux loisirs et au tourisme. • Les aires protégées améliorent la qualité de vie, préservant le patrimoine naturel et culturel.
8. Pêches	• La contamination et la destruction des habitats dans les zones de pêche côtière et intérieure continuent d'exercer des pressions sur les stocks de poissons. • La contamination a entraîné la fermeture de 50 % des zones de pêche coquillière de la Nouvelle-Écosse.	• Des espèces exotiques, dont le saumon du Pacifique, la truite arc-en-ciel et la lamproie marine, ont été introduites dans les Grands Lacs. • La dresseina polymorphe est une introduction accidentelle.	• La surcapacité de l'industrie de la pêche entraîne la surpêche. • Dans la région de l'Atlantique, il y a épuisement de certains stocks de poissons de fond à valeur élevée (p. ex., morue et aiglefin). • Des stocks pélagiques sont en voie de rétablissement.	• La consommation de poissons et de coquillages et crustacés fait l'objet de restrictions sur les côtes Est et Ouest. • La pêche rapporte 3,1 milliards de dollars au Canada. • La fermeture d'usines et la perte d'emplois suscitent des inquiétudes. • 1 500 collectivités sont tributaires de la pêche.
9. Agriculture	• L'emploi des pesticides et des engrais augmente. • La culture des sols s'intensifie : les superficies cultivées ont augmenté de 41 % depuis les années 1930. • De nombreuses régions sont aux prises avec de graves problèmes d'érosion, de salinisation et de compactage des sols et de perte de matière organique.	• L'aménagement de grandes superficies à des fins de production alimentaire entraîne la destruction d'habitats et la modification de la biodiversité. • Toutes les grandes cultures sont des espèces introduites. • La monoculture à grande échelle est très répandue (p. ex., dans les Prairies). • La réduction de la base génétique des animaux d'élevage, des plantes et des microbes est préoccupante.	• La dépendance à l'égard de l'énergie, des engrais et des pesticides s'accroît. • Nombre des pratiques actuelles ne sont pas viables à long terme, car elles dégradent la base de ressources. • La réduction des jachères d'été et l'adoption de pratiques de conservation contribuent à la préservation des sols.	• Les contaminants alimentaires sont étroitement surveillés. • L'emploi généralisé de pesticides et d'engrais peut altérer la qualité de l'eau et des zones adjacentes aux aires traitées.

TABLEAU 27.1 (SUITE)

Chapitre	Maintien des systèmes entretenant la vie	Préservation de la diversité biologique	Exploitation durable des espèces et des écosystèmes	Santé humaine et qualité de vie
10. Foresterie	• 45 % de la superficie du Canada est boisée. • L'emploi de pesticides a beaucoup diminué. • La production de déchets par les usines de pâtes a beaucoup diminué mais reste élevée. • Il y a une utilisation accrue d'herbicides.	• On s'inquiète de l'avenir des écosystèmes des vieilles forêts. • Un débat est en cours sur les effets des coupes à blanc sur l'habitat : plus de 90 % des arbres sont récoltés lors de coupes à blanc. • L'accroissement des plantations à essence unique suscite des préoccupations.	• La régénération des coupes annuelles atteint 80 % (elle était de 66 % au milieu des années 1970), mais les superficies non reboisées totalisent 200 000 ha par année.	• L'exploitation forestière génère 900 000 emplois et représente 3,4 % du PIB. • Les effluents peuvent avoir des effets sur la santé. • La pénurie d'arbres mûrs pourrait interrompre l'approvisionnement de certaines usines.
11. Exploitation minière	• Les lessivats et l'écoulement minier acide ont des impacts sur le milieu naturel. • Les émissions des fonderies ont été réduites. • 315 millions de tonnes de stériles et 511 millions de tonnes de résidus miniers ont été stockées. • Les projets de remise en état des sites se sont accrus.	• Les métaux transportés dans les effluents liquides et les rejets atmosphériques persistent pendant de nombreuses années dans les sédiments de fond et peuvent être nocifs pour les poissons.	• Le recyclage des métaux est en hausse. • La récupération des déchets augmente. • Les carrières ne sont pas toutes remises en état en vue de leur réutilisation; il reste un grand nombre de sites abandonnés.	• Les sites miniers ont des impacts locaux (bruit, esthétique). • L'emplacement des mines et des fonderies continue de préoccuper le public. • Les métaux et les minéraux ont représenté près de 13 % de la valeur des exportations canadiennes en 1990.
12. Énergie	• Le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont associés à l'utilisation du charbon. • L'élimination des déchets radioactifs soulève des craintes. • La production d'électricité a des effets thermiques sur le milieu naturel. • Les mégaprojets ont des impacts sur les écosystèmes.	• Les effets thermiques et les polluants accroissent les risques pour les espèces sauvages dans une certaine mesure.	• Les Canadiens sont parmi les plus grands consommateurs d'énergie. • La conservation a certains effets positifs.	• Des risques sont associés aux déchets et aux polluants. • Les choix des humains quant aux utilisations de l'énergie et aux sources d'approvisionnement ont une grande importance.
13. Urbanisation	• Les villes concentrent les effets des activités humaines. • Il y a une réduction importante des concentrations de certains polluants atmosphériques.	• Certaines espèces prospèrent en milieu urbain mais celui-ci est si dégradé qu'il ne peut répondre aux besoins de la plupart des espèces.	• Les villes ont tendance à croître là où la base des ressources est très vaste, épuisant souvent leurs propres bases et exerçant des pressions sur les principales ressources. • Les centres urbains peuvent être un point de focalisation des solutions (p. ex., recyclage, transports en commun, traitement des eaux usées).	• Dans la majorité des centres, les concentrations des polluants surveillés sont acceptables la plupart du temps. • Il y a encore des fermetures de plages et du smog.
14. Industries	• On estime à 8 millions de tonnes la production canadienne de déchets dangereux (1988). • La combustion de combustibles fossiles compte pour 90 % des émissions de dioxyde de carbone. • Il y a une réduction marquée des rejets de polluants des usines de pâtes et papiers et des raffineries.	• Certaines espèces témoignent d'effets localisés provoqués par les effluents.	• Une plus grande efficacité énergétique et des mesures antipollution améliorées ont permis de stabiliser les émissions totales malgré l'utilisation accrue des véhicules. • La pollution a diminué dans la plupart des secteurs surveillés, mais seuls quelques secteurs sont surveillés.	• Certains polluants toxiques présentent des risques pour la santé. • Les consommateurs sont les grands responsables de la pollution en raison des produits et des substances qu'ils demandent.
15. Arctique	• Les écosystèmes de l'Arctique sont très fragiles et prennent du temps à se rétablir. • Les contaminants persistent longtemps dans les écosystèmes de l'Arctique.	• On observe la bioaccumulation de certains produits chimiques toxiques au sommet de la chaîne alimentaire. • Les effets du changement climatique peuvent être amplifiés et altérer les habitats considérablement.	• À ce jour, il n'y a eu aucune restriction sur la consommation des aliments locaux, mais des contaminants ont été détectés chez des espèces consommées (p. ex., baleines, phoques, caribous).	• Les mégaprojets ont un impact dans le Nord; les collectivités et le mode de vie des habitants sont touchés. • Le changement climatique pourrait provoquer le dégel du pergélisol et avoir de graves répercussions sur le transport et les collectivités.
16. Bassin inférieur du fleuve Fraser	• Cet écosystème est diversifié, productif et densément peuplé. • La région témoigne des effets concentrés des activités humaines : déchets, polluants, milieu bâti très modifié.	• Cinq espèces d'oiseaux et une espèce de mammifère ont disparu au Canada. • Deux espèces en danger de disparition fréquentent la région.	• Les poissons sont menacés par la dégradation de leur habitat et l'accroissement de l'effort de pêche. • Les pertes de terres agricoles sont élevées. • La récolte de pétoncles et d'huîtres a été interdite dans un secteur de l'estuaire et dans la baie Boundary adjacente.	• La gestion des déchets solides et dangereux représente un enjeu important; le volume des déchets solides a augmenté de 11 % depuis 1982. • L'augmentation de la circulation automobile et de la distance des migrations quotidiennes entraîne des coûts environnementaux et économiques.
17. Prairies	• La région a été transformée en agro-écosystème; 87 % des Prairies sont cultivées. • 22 % des milieux humides ont disparu depuis 1955. • Des réservoirs (production hydroélectrique, protection contre les inondations, irrigation et gestion de l'eau) ont été aménagés sur presque tous les grands réseaux fluviaux.	• Quatre espèces ont disparu au Canada et cinq sont en danger de disparition. • La monoculture a entraîné une perte de la biodiversité.	• La matière organique originelle des sols a diminué de 40–50 %; la salinisation secondaire touche 6 % des terres amendées; 5 millions d'hectares sont touchés par l'érosion hydrique en Saskatchewan et en Alberta. • L'intensification des activités dans un système fragile pose un risque environnemental accru; la superficie irriguée a doublé entre 1970 et 1988.	• La qualité de l'eau se situe près des normes minimales dans plusieurs régions. • Le changement climatique risque d'avoir un impact majeur sur l'agriculture et l'habitat.

TABLEAU 27.1 (SUITE)

Chapitre	Maintien des systèmes entretenant la vie	Préservation de la diversité biologique	Exploitation durable des espèces et des écosystèmes	Santé humaine et qualité de vie
18. Bassin des Grands Lacs	• La contamination par le phosphore a diminué (p. ex., près de 50 % dans le lac Érié), mais les concentrations d'azote augmentent. • 362 contaminants chimiques ont été détectés; ce chiffre est stable depuis le début des années 1980. • La perte de milieux humides se poursuit.	• Des malformations et des problèmes de reproduction chez le goéland argenté sont associés aux substances toxiques. • Des espèces exotiques ont été introduites accidentellement (p. ex., lamproie marine, dresseina polymorphe).	• La décontamination est concentrée sur 43 points chauds. • Les activités de décontamination coûteront des milliards de dollars et s'étaleront sur des décennies.	• Les résidants du bassin des Grands Lacs présentent des taux de contamination semblables à ceux relevés dans le reste de l'Amérique du Nord. • Des limites sont imposées à la consommation de certaines espèces de poissons et à la taille des poissons pouvant être capturés dans plusieurs régions.
19. Saint-Laurent	• La pollution causée par les effluents agricoles, miniers, urbains, industriels et pétrochimiques et ceux des usines de pâtes et papiers soulève des préoccupations. • La superficie des milieux humides côtiers a diminué.	• La région présente une grande diversité biologique. • Les bélugas et certaines espèces de poissons sont menacés.	• De fortes concentrations de BPC ont été détectées chez l'anguille d'Amérique et l'esturgeon jaune.	• La pêche commerciale connaît un déclin.
20. Terres endiguées, partie amont de la baie de Fundy	• 90 % des marais salés primitifs de la baie de Fundy ont disparu depuis le début de la colonisation. • L'écosystème est généralement stable et l'on observe peu de changements.	• Il n'existe pas de relevé précis, mais la dégradation graduelle de l'habitat a probablement causé la réduction des effectifs de certaines espèces.	• La chasse excessive et l'assèchement des marais ont beaucoup réduit les populations d'oiseaux depuis le début de la colonisation.	
21. Produits chimiques toxiques	• De faibles niveaux de contamination sont observés dans toutes les écozones, même les plus éloignées. • 70 000 produits chimiques sont utilisés dans le monde. • Les concentrations de BPC et de DDT ont diminué dans les Grands Lacs.	• Des contaminants ont été détectés chez les oiseaux de mer, les ours blancs, les cormorans, les aigles, les baleines.	• Des restrictions ont touché la chasse et la pêche par suite de la contamination par les produits toxiques.	• Les produits chimiques sont associés à la vie moderne. • Les produits chimiques sont dangereux à chacune des étapes de leur cycle de vie : utilisation, entreposage, transport, etc. • Les effets sur la santé et les risques sont inconnus.
22. Changement climatique	• Le Canada compte parmi les principaux producteurs de gaz à effet de serre, par habitant, dans le monde. • L'accroissement des concentrations de gaz peut entraîner une hausse des températures, surtout dans le Nord, et des risques de changement écologique majeur.	• Le changement climatique risque d'entraîner des pertes d'habitats vitaux pour certaines espèces (p. ex., milieux humides côtiers); d'autres espèces devront migrer dans de nouvelles régions, au risque d'être confrontées à de nouveaux compétiteurs.	• Le changement climatique peut avoir de graves répercussions sur les forêts, l'agriculture, les pêches et de nombreuses activités récréatives. • Le niveau de la mer s'élèvera probablement.	• La demande d'énergie et la qualité de vie pourraient être touchées. • L'inondation des terres riveraines entraînera la perte de biens fonciers.
23. Ozone stratosphérique	• La couche d'ozone s'appauvrit de 0,02 % en moyenne par année. • Des trous ont été observés au-dessus de l'Arctique et de l'Antarctique. • La photosynthèse et les écosystèmes sont menacés.	• L'appauvrissement de la couche d'ozone pose des risques inconnus; ce phénomène pourrait avoir des effets sur la photosynthèse, et la survie sélective des espèces pourrait modifier la chaîne alimentaire.	• L'appauvrissement de la couche d'ozone a un impact inconnu sur la productivité agricole et forestière.	• On prévoit que l'augmentation des rayons ultraviolets-B accroîtra les risques de cataractes et de cancers de la peau.
24. Dépôts acides	• Une grande partie de l'Est du Canada connaît de graves problèmes d'acidification. • Il y aura réduction de 50 % des concentrations de dioxyde de soufre par rapport aux niveaux de 1980 d'ici 1994. • 46 % des régions canadiennes sont très sensibles aux polluants acides.	• Les dépôts acides ont des effets sur l'abondance et la santé de nombreuses espèces (poissons, huarts, arbres).	• 14 000 lacs ne contiennent plus de poissons. • Les régions les plus touchées comprennent les forêts les plus productives, les terres agricoles de choix et les habitats des poissons au Canada.	• 80 % des Canadiens vivent dans les régions touchées. • Il existerait des liens entre les dépôts acides et les maladies respiratoires. • Les dépôts acides causent des dommages aux immeubles du patrimoine et ont des effets négatifs sur le tourisme et la pêche sportive.
25. Déchets solides	• On compte 10 000 décharges actives et inactives au Canada. • Les Canadiens sont parmi les plus grands producteurs de déchets du monde : 1,8 kg de déchets par habitant et par jour.		• Chaque année, 4 millions de tonnes de déchets de papier ne sont pas récupérés, soit l'équivalent de plus de 100 millions d'arbres. • La réduction, la réutilisation et le recyclage inadéquats entraînent un gaspillage de nos ressources naturelles.	• On observe une demande croissante en vue d'une réduction des déchets. • L'élimination des déchets pose un problème de taille.
26. Modification de l'habitat	• L'habitat est le principal système entretenant la vie. • La perte et la dégradation d'écosystèmes vulnérables se poursuivent (p. ex., milieux humides, prairies, vieilles forêts, frayères).	• 193 espèces sont en danger de disparition, menacées ou vulnérables surtout à cause de la perte ou de la dégradation de l'habitat. • Certaines espèces exotiques peuvent menacer les espèces indigènes (p. ex., salicaire pourpre, dresseina polymorphe).	• Certaines pratiques forestières, agricoles, récréatives et industrielles mettent en danger l'habitat de certaines espèces ou ne tiennent pas compte d'autres valeurs écologiques.	• L'importance de l'utilisation de l'habitat à des fins autres que le prélèvement (p. ex., observation des oiseaux) est rarement reconnue. • La valeur intrinsèque des espèces et des écosystèmes est souvent peu appréciée.
27. Développement durable	• Les Canadiens sont les fiduciaires d'une portion importante de l'écosphère. • Nombre de nos actions continuent de nuire aux systèmes entretenant la vie.	• Malgré les mesures visant à réduire l'impact des activités humaines sur les espèces et les écosystèmes, la liste des espèces et des espaces en péril continue de s'allonger.	• On observe des signes d'amélioration, mais les Canadiens continuent d'exploiter la plupart des ressources au-delà de leur capacité de renouvellement et nuisent à la productivité de l'environnement.	• Beaucoup de problèmes sont attribuables à notre demande élevée de produits, de services et d'expériences tributaires de l'environnement. • Malgré certains progrès, les Canadiens ne se sont pas engagés résolument dans la voie du développement durable.

rétrécissent. Des milieux auparavant peu touchés par les humains subissent des pressions considérables. Dans certains cas, comme l'aménagement hydroélectrique de la baie James et les projets d'exploitation des champs pétrolifères de la mer de Beaufort et d'Hibernia, ces impacts peuvent être majeurs.

Toutefois, au cours des deux dernières décennies, des écosystèmes naturels se sont rétablis dans certaines régions. Dans des régions agricoles marginales, particulièrement au Nouveau-Brunswick et dans le nord de l'Ontario, des fermes non productives ont été abandonnées. Dans l'ensemble du Canada, la régénération naturelle a compté pour environ 70 % du reboisement entre 1977 et 1988. (La superficie restante a été reboisée avec des essences commerciales, ce qui a tendance à réduire la diversité du paysage.) Les modifications que subissent les écosystèmes naturels ne sont pas nécessairement négatives, et de nombreux écosystèmes aménagés peuvent répondre à divers besoins à long terme. Il reste que bon nombre de ces modifications ont été apportées sans égard à leurs effets cumulatifs à long terme.

Afin de préserver le plus possible la diversité écologique du Canada, certaines zones comme les parcs nationaux et provinciaux ont été mises en réserve dans la plupart des régions en tant qu'écosystèmes naturels représentatifs. Les aires bénéficiant de divers degrés de protection constituaient environ 7 % des terres du Canada en 1991, et de nouveaux parcs et autres aires protégées s'ajoutent à la liste chaque année. Pourtant, un nombre important de régions écologiques, notamment les régions marines, restent sous-représentées. Face à la perte ou à la dégradation des écosystèmes et des habitats, la création de ces zones est importante, mais il s'agit toutefois d'une solution partielle. Jusqu'à maintenant, peu d'efforts ont été déployés pour gérer des paysages entiers (y compris des terres privées et publiques) dans l'optique du développement durable.

La pollution de l'air

Les polluants atmosphériques provenant des véhicules motorisés, des industries, des centrales thermiques, des exploitations agricoles, des maisons privées, des bureaux et de nombreuses autres sources constituent une menace pour la santé humaine et la vitalité des écosystèmes partout au pays. Les courants atmosphériques en transportent certains sur de très grandes distances. Il arrive régulièrement que des contaminants toxiques produits dans le Sud populeux atteignent les régions éloignées de l'Arctique, où ils s'accumulent [illegible] chaîne alimentaire et représentent [illegible] danger potentiel pour l'être humain.

La réaction des Canadiens aux problèmes de pollution locale de l'air et des dépôts acides a été positive. C'est ce qui explique que les concentrations nationales moyennes de nombreux polluants ont diminué ou, du moins, se sont stabilisées au cours des 15 à 20 dernières années. Depuis 1974, les concentrations mesurées des particules en suspension ont baissé de 45 %, tandis que les concentrations de plomb dans l'air ont diminué de plus de 90 %. D'ici 1994, les émissions de dioxyde de soufre, agent principal des précipitations acides, devraient être réduites de 50 % par rapport à celles de 1980. Toutefois, dans certaines régions comme le bassin inférieur du Fraser, les concentrations totales de polluants sont restées relativement constantes puisque la croissance démographique, l'accroissement du parc automobile et l'essor industriel ont neutralisé les gains produits par des techniques plus propres. Dans d'autres régions urbaines telles que Saint-Jean au Nouveau-Brunswick et de nombreux centres situés dans le corridor Windsor–Québec, il arrive encore que la concentration d'ozone de la basse troposphère soit supérieure aux limites acceptables pour la santé. En même temps, nous constatons que certains nouveaux polluants doivent être étudiés et gérés, par exemple, le MMT, un additif antidétonant qui remplace le plomb dans l'essence.

Les modifications de la structure chimique de l'atmosphère causées par les activités humaines suscitent aussi beaucoup d'inquiétudes, car elles constituent une menace pour certaines fonctions vitales. Elles ont contribué à réduire la couche d'ozone stratosphérique et accru le risque d'un réchauffement majeur à l'échelle de la planète. L'appauvrissement de la couche d'ozone, qui se produit actuellement au rythme de 0,2 à 0,3 % par année, pourrait exposer les formes de vie terrestre et aquatique à des niveaux dangereux de rayonnement ultraviolet. Le réchauffement planétaire pourrait provoquer des changements climatiques qui, par leur ampleur et leur rapidité, modifieraient considérablement les écosystèmes et causeraient divers autres problèmes, tels que la hausse du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes tropicales. Les conditions essentielles à la survie des espèces végétales et animales ainsi que des systèmes de production, comme l'agriculture et la foresterie, pourraient être complètement modifiées. La viabilité de bon nombre de collectivités humaines et d'écosystèmes naturels serait menacée. L'effet serait sans doute amplifié dans le cas d'écosystèmes fragiles comme ceux de l'Arctique, qui mettent longtemps à se régénérer.

Les Canadiens ont commencé à s'attaquer à ces problèmes. En signant le Protocole de Montréal, en 1987, les dirigeants politiques du monde ont franchi une étape importante dans la lutte contre les substances destructrices d'ozone, mais comme les principales substances chimiques en cause sont extrêmement persistantes (p. ex., les CFC), la couche d'ozone continuera de s'appauvrir durant une bonne partie du XXI[e] siècle. Comme les CFC sont d'importants gaz à effet de serre, leur élimination permettra également de ralentir le réchauffement de la planète. Toutefois, très peu de progrès ont été faits jusqu'ici dans la réduction des émissions de dioxyde de carbone et d'autres importants gaz à effet de serre. À défaut d'agir maintenant, nous accroissons les risques pour l'humanité et les autres espèces dans l'avenir.

La pollution de l'eau

Contrairement à de nombreuses autres régions du globe, le Canada possède

d'abondantes réserves d'eau douce. Mais l'accroissement démographique s'est accompagné d'une escalade de la demande; les régions densément peuplées se sont rapprochées des limites d'approvisionnement de leurs sources d'eau immédiates. De plus, bon nombre d'écosystèmes aquatiques absorbent des quantités inacceptables d'effluents industriels, d'eaux usées urbaines brutes et traitées et de dépôts atmosphériques. Parmi les matières polluantes se trouvent des contaminants toxiques, des éléments nutritifs, des substances qui épuisent l'oxygène, des matières fécales et d'autres particules en suspension, de même que des bactéries pathogènes. Certaines de ces substances peuvent avoir des effets nocifs immédiats sur l'être humain et sur la faune et la flore. De petites quantités de matières toxiques plus rémanentes peuvent s'accumuler progressivement dans la chaîne alimentaire et causer finalement des mutations, des dommages génétiques, des problèmes de reproduction, des cancers et d'autres modifications chez les poissons, les oiseaux, les êtres humains et d'autres espèces des niveaux supérieurs de la chaîne. L'amincissement de la coquille des œufs du goéland argenté et, chez le cormoran, la fréquence de la déformation des pattes et des becs ainsi que des malformations congénitales attestent des effets chroniques de ces substances.

Les problèmes de pollution de l'eau sont particulièrement aigus à proximité immédiate des grands centres urbains et industriels. Par conséquent, les plans de mesures correctives de grande envergure ont porté sur des régions telles que le bassin inférieur du Fraser, le port de Halifax, les 43 secteurs de préoccupation des Grands Lacs et les 50 sources industrielles d'intérêt prioritaire visées par le Plan d'action Saint-Laurent.

La qualité de l'eau est vérifiée régulièrement dans maintes régions, mais en l'absence d'un réseau national de surveillance, il est difficile d'évaluer les tendances. Néanmoins, en de nombreux endroits, l'émission de certains polluants clés a diminué, entraînant une stabilisation et, dans certains cas, une baisse des teneurs détectées chez la faune. Par exemple, les concentrations de BPC dans les tissus du touladi du lac Ontario ont diminué depuis 1977. Les apports de phosphore dans le lac Érié ont également baissé de façon substantielle, ce qui a facilité le rétablissement partiel d'un écosystème que l'on croyait mort. Dans les régions côtières, la proportion de citadins desservis par des installations d'épuration des eaux usées est passée de 57 % en 1986 à 62 % en 1989, mais d'autres améliorations s'imposent d'urgence. De nombreuses industries ont intensifié leur lutte contre la pollution. Ainsi, les papetières ont réduit les rejets de substances qui appauvrissent l'oxygène, de particules en suspension et de dioxines tout en augmentant la production de pâtes et papiers. Par ailleurs, les fermetures récentes de certaines zones coquillières sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique nous rappellent que d'autres mesures doivent être prises.

La pollution des terres

L'élimination des déchets solides, aussi bien domestiques qu'industriels, est devenue un énorme problème pour les sociétés urbaines industrialisées. Selon les estimations, les Canadiens ont produit 42 000 t de déchets solides par jour en 1990. La plupart de ces déchets ont été mis en décharge. On trouve plus de 10 000 décharges, actives et inactives, au Canada; une foule d'autres sites renferment des résidus miniers et industriels. Certains d'entre eux — un millier environ — contiennent des déchets toxiques ou d'autres contaminants susceptibles de s'infiltrer dans les sols avoisinants et les nappes d'eau souterraines. Nous possédons certaines données sur des sites particuliers, mais nous ignorons encore l'étendue du problème. De nos jours, l'élimination des déchets, et en particulier de certains déchets toxiques, est réglementée de façon beaucoup plus stricte et efficace que par le passé, mais il subsiste de nombreux sites pollués. Certains d'entre eux sont des sites orphelins, sans propriétaire connu que l'on puisse tenir responsable de leur dépollution. Ce n'est que tout récemment que des programmes de décontamination de ces sites ont été mis en œuvre.

Les effets des engrais et des pesticides chimiques soulèvent également des inquiétudes. L'emploi de pesticides dans certaines cultures a diminué par suite de l'application de plans de gestion intégrée des ravageurs, plans qui font appel à une variété de pratiques agricoles et de méthodes de lutte biologique en complément sinon en remplacement de la lutte chimique. Toutefois, dans l'ensemble, l'utilisation de substances chimiques continue d'augmenter en agriculture; bon nombre de gens estiment que cette pratique est essentielle pour assurer la compétitivité des agriculteurs canadiens. Les pesticides sont également largement utilisés dans les forêts, mais les quantités ont été réduites au cours de la dernière décennie grâce au recours accru à des techniques de gestion intégrée des ravageurs et à l'amélioration des méthodes d'épandage.

La diversité biologique et génétique

Comme il a été signalé par les auteurs de la Stratégie mondiale de la conservation, la préservation de la diversité génétique est à la fois une façon de se prémunir contre les changements environnementaux nocifs et un investissement dans l'avenir. Elle est essentielle pour prendre une option sur l'avenir et pour maintenir et améliorer la productivité agricole, forestière et océanique. Elle est la matière première de l'innovation scientifique et industrielle de demain. Enfin, elle est aussi une question de principe (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, 1980). Comme le Canada possède une multitude d'écosystèmes d'une grande richesse, il a de lourdes responsabilités face à la préservation de la diversité génétique, responsabilités dont il ne s'est pas encore acquitté avec succès puisqu'il continue d'exercer sur l'environnement des pressions qui menacent non seulement des espèces, mais aussi des écosystèmes entiers.

Les espèces en péril

De 1988 à 1991, le nombre des espèces en péril est passé de 178 à 193 au Canada, soit 46 espèces en danger de disparition, 50 espèces menacées et 97 espèces vulnérables. Cette augmentation est attribuable en partie à une

meilleure connaissance des espèces végétales et animales, mais elle traduit aussi les pressions constantes exercées par les activités humaines.

Pour la plupart des espèces, la perte ou la dégradation d'un habitat ou des conditions essentielles à la croissance constituent la menace la plus grave. Dans le bassin inférieur du Fraser, par exemple, une région très peuplée, le coulicou à bec jaune, quatre autres espèces d'oiseaux et un mammifère (le wapiti de Roosevelt) ont disparu au Canada à cause surtout de l'occupation humaine et des changements que celle-ci a apportés à leur habitat. De même, la monoculture en zone agricole et forestière a réduit la variété des espèces fauniques dans maintes régions. Dans d'autres écosystèmes, des espèces indigènes ont été menacées par l'introduction de nouvelles espèces, telles la lamproie marine et, plus récemment, la dreissena polymorphe dans les Grands Lacs.

Dans un grand nombre de milieux, les contaminants toxiques constituent une menace, notamment pour les poissons, les oiseaux et les mammifères des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. Parmi les espèces en danger, on compte la chouette des terriers et les bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent; les carcasses de ces derniers sont si contaminées qu'elles sont traitées comme des déchets dangereux. Dans les Grands Lacs, la pollution par les produits chimiques toxiques a provoqué des malformations et d'autres effets chez le goéland argenté, lequel n'apparaît pas toutefois sur la liste des espèces menacées de disparition au Canada.

Bien que l'impact de la dégradation des habitats et des contaminants toxiques dans la disparition des espèces soit bien connu, celui de nombreux autres facteurs l'est moins. On ignore la résistance de chaque espèce aux agressions. À quel moment précis sa survie est-elle menacée? Nous ignorons également les effets produits sur les autres espèces ou sur l'ensemble du système au fur et à mesure de l'amplification de ces effets dans la chaîne alimentaire. Les espèces de nombreux écosystèmes, même à proximité des grands centres démographiques, n'ont pas fait l'objet d'études systématiques. Ainsi, au Québec, la presque totalité des 185 espèces de poissons, des 1 300 espèces de plantes vasculaires et des 115 espèces d'oiseaux se rencontrent, à un moment ou à un autre, à moins d'un kilomètre des rives du Saint-Laurent, dans une zone où les activités humaines sont intenses. Pourtant, l'état de très peu d'espèces a été examiné en détail. Tant que nous n'aurons pas approfondi notre connaissance des besoins des différentes espèces et de leur contribution à la santé de l'écosystème, notre capacité de faire rapport sur leur état sera très restreinte.

Les tendances en matière de diversité

Une grande partie du Canada méridional est composé d'écosystèmes aménagés dans lesquels les espèces sont choisies en fonction de leur valeur commerciale. Là où broutaient jadis les bisons et les cerfs mulets, on trouve maintenant surtout des bovins, et les terres sont aménagées en fonction de leurs besoins. Les cultures céréalières couvrent une bonne partie des Prairies; les cultures sarclées et les pâturages aménagés prédominent dans la plaine des Grands Lacs. Lorsque les forêts sont reboisées, une seule essence est habituellement préférée à une plus grande variété.

On sait qu'avec la diminution du nombre d'écosystèmes et d'habitats diversifiés, le risque de voir disparaître des espèces augmente, mais le risque global, lui, reste largement inconnu. Pour l'être humain, la perte d'une espèce signifie la perte d'une possibilité : une espèce disparue aurait pu servir à mettre au point un nouveau médicament ou une variété résistante aux maladies, ou fournir des réponses susceptibles de nous guider vers un système plus viable. Mais la préservation des écosystèmes et des espèces est importante pour d'autres raisons : la diversité des écosystèmes est essentielle à la stabilité de l'écosystème planétaire lui-même, et la disparition d'une espèce est irréversible. Outre ces considérations, on peut également faire valoir que les espèces et les écosystèmes n'existent pas seulement pour satisfaire les besoins de l'humanité et que les êtres humains n'ont donc pas le droit de les éliminer, même s'ils leur paraissent inutiles.

Afin de préserver autant que possible la diversité génétique de la planète, des banques de gènes ont été créées à travers le monde et des efforts ont été déployés pour sauvegarder des espèces animales et végétales rares. Mais les banques de gènes ne sont pas une panacée : pour bien comprendre l'importance génétique d'une espèce, on doit l'étudier dans son habitat naturel. Les percées réalisées en biotechnologie peuvent nous aider à adapter ces ressources génétiques à de nouveaux besoins et à de nouvelles conditions, mais la biotechnologie peut également menacer les espèces existantes. Le Canada collabore avec d'autres pays pour mieux contrôler les applications de cette discipline et ce, afin de réduire le risque pour les espèces et les écosystèmes.

L'exploitation viable des espèces et des écosystèmes

Une société qui exploite les espèces et les écosystèmes de façon durable vit des intérêts de son capital-nature au lieu de dilapider ce capital. Pour ce faire, elle doit gérer non seulement l'*exploitation* des ressources naturelles, mais aussi les *pressions* exercées sur ces dernières. Avec une gestion judicieuse, il est possible d'exploiter ces ressources presque indéfiniment.

Les systèmes de production

Il fut un temps où les Canadiens considéraient l'environnement comme une réserve sans frontière, recélant des ressources inépuisables. Nous avons récolté le poisson, les animaux à fourrure, le bois d'œuvre et d'autres ressources sans égard à leur renouvellement. Si les ressources venaient à s'épuiser dans une région, nous nous tournions vers une autre où elles étaient abondantes. Toutefois, au cours des dernières décennies, nous avons pris conscience que même l'énorme masse terrestre du Canada était limitée et nous avons progressivement adopté

de nouvelles méthodes de gestion des ressources. Il subsiste néanmoins de graves problèmes.

Au moment de planifier l'utilisation des ressources en eau, nous avons toujours pensé en termes d'accroissement de l'approvisionnement plutôt que d'adaptation de la demande aux limites de l'approvisionnement soutenu. Encore aujourd'hui, on observe cette attitude. Dans certaines parties des Prairies, par exemple, les prélèvements d'eau sont supérieurs au rythme de réalimentation naturelle. Pour satisfaire à la demande domestique et agricole et produire de l'énergie, les Canadiens ont apporté des modifications importantes et parfois draconiennes à l'environnement. À ce jour, 613 grands barrages et 54 ouvrages de dérivation entre bassins ont été construits au Canada, causant parfois des effets négatifs tels que la salinisation des terres, la destruction des habitats et l'abaissement de la surface de saturation des nappes d'eau souterraines.

Les terres agricoles sont une autre ressource dont la pérennité est menacée. De 1966 à 1986, soit en deux décennies seulement, 1 750 km^2 des terres agricoles les plus productives et les plus polyvalentes ont été urbanisés. L'urbanisation avait déjà privé le Canada d'une grande partie de ses meilleures terres, notamment celles favorables à la culture des fruits et des légumes tendres. En outre, la culture des terres à proximité des centres urbains est souvent découragée en raison du potentiel économique plus élevé de ces terres en tant que futures zones d'extension urbaine. L'aménagement de corridors de transport, l'achat de fermes par les citadins à des fins résidentielles ou récréatives et d'autres pressions urbaines sont autant de facteurs qui ont réduit la productivité des terres dans la zone périurbaine. Même si la plupart des bonnes terres agricoles du Canada conservent leur vocation agricole, elles constituent une ressource limitée. Nous devons donc mieux gérer l'urbanisation.

La réduction du nombre de nos meilleures terres agricoles s'accompagne de la dégradation de la qualité des sols. La plupart des régions font état de problèmes d'érosion, de salinisation et d'autres formes de dégradation. L'érosion est particulièrement préoccupante et, en certains endroits, elle est au moins 25 fois plus rapide que la régénération naturelle des sols. Dans certaines parties des Prairies, les sols ont perdu plus de la moitié de leur matière organique primitive. Dans certaines régions de la Saskatchewan et de l'Alberta, le problème est aggravé par la salinité des terres, qui touche maintenant 20 % des terres irriguées. Globalement, la dégradation des sols coûte aux agriculteurs canadiens de 600 à 900 millions de dollars par année et représente une menace à long terme pour la production agricole dans maintes régions.

Ces pertes sont attribuables en grande partie aux pratiques culturales telles que les cultures sarclées, la jachère d'été et le labourage des pentes. Les pressions économiques ont incité les agriculteurs à maximiser la productivité à court terme et ont laissé peu de ressources à la communauté agricole pour investir dans la conservation à long terme. De plus, le contingentement et d'autres programmes gouvernementaux peuvent mener à des pratiques potentiellement dangereuses pour la pérennité des ressources pédologiques. On observe une reconnaissance accrue tant des problèmes écologiques découlant de certaines pratiques agricoles modernes que des solutions concrètes à ces problèmes. Des politiques et des programmes visant à favoriser des pratiques culturales plus viables font maintenant leur apparition.

La gestion des forêts canadiennes s'est améliorée, mais la récolte reste supérieure au reboisement et la superficie occupée par les forêts mûres ne cesse de diminuer. Au milieu des années 1970, seulement 66 % des parterres de coupe étaient reboisés avec succès. En 1988, cette proportion était passée à 80 %, mais chaque année, 200 000 ha n'étaient pas reboisés. À long terme, des prélèvements d'une telle ampleur effectués sur le capital-nature ne sont pas soutenables. En raison de l'absence de reboisement dans le passé, les usines font déjà face à des pénuries; dans certaines régions, elles devront peut-être fermer faute d'arbres mûrs. Les coupes à blanc, surtout dans les régions montagneuses, ont rendu les sols vulnérables à l'érosion; cette méthode d'abattage a cependant été largement éliminée sur les pentes abruptes. Toutefois, les coupes à blanc sont souvent beaucoup plus grandes au Canada que dans certains autres pays. Ainsi, en Suède, où le climat et la topographie sont similaires, les autorités ont limité la superficie des coupes afin de préserver la diversité du paysage et l'habitat dans les secteurs boisés.

Nombre d'espèces fauniques commerciales et sportives au Canada sont également agressées. Les stocks de poissons sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique ainsi que dans les Grands Lacs ont diminué, surtout en raison de la surpêche. Les autorités ont limité la pêche commerciale afin de permettre le rétablissement des populations, mais ces mesures ont fortement ébranlé certaines économies locales, en particulier dans la région de l'Atlantique. Des restrictions ont également frappé la pêche des coquillages et des crustacés à maints endroits, le plus souvent par suite de la contamination de l'habitat, principalement par les eaux usées. Dans le delta du Fraser, par exemple, des parcs à huîtres sont fermés depuis 1962 du fait de la contamination des eaux de ruissellement par des organismes pathogènes. Les populations de certaines espèces de gibier ont été mises en péril par la chasse et la pêche illégales. Ainsi, dans les marais de l'Atlantique, une chasse excessive a réduit les populations d'oiseaux déjà touchées par l'assèchement des marais.

La mesure de la viabilité

Pour savoir si un écosystème est utilisé de façon viable, il faut pouvoir *mesurer* la viabilité, tâche qui s'avère cependant très difficile. L'information que nous possédons sur la plupart des écosystèmes est généralement fournie par les personnes mêmes qui les gèrent à des fins particulières (p. ex., agriculture et pêche). Par conséquent, elle renseigne rarement sur les autres fonctions que remplissent ces systèmes. L'absence d'une vue globale et équilibrée du système fait en sorte qu'il est difficile d'évaluer les choix faits entre les

utilisations potentielles et existantes. Ces choix pourraient se traduire par l'utilisation d'une région à des fins de production alimentaire ou forestière et non comme habitat faunique ou floristique, par exemple, ou par l'utilisation de l'eau à des fins d'épuration des déchets et non pour des activités récréatives ou d'approvisionnement en eau potable.

En outre, une grande partie de l'information existante sur l'utilisation de l'environnement est propre à un site et ne traduit pas l'état du système dans son ensemble. Il est également difficile d'évaluer les données, car notre compréhension du seuil des fonctions vitales est fragmentaire. Ainsi, il est souvent impossible de déterminer avec certitude quand la pollution ou l'exploitation des ressources aura un impact sérieux sur un écosystème. Notre aptitude à comprendre la façon dont des actions particulières influent sur la santé globale de l'écosystème s'en trouve ainsi limitée.

Pourtant, il est clair que bon nombre d'activités humaines sont nuisibles à des espèces et à des écosystèmes et que leur effet cumulatif menace l'exploitation durable de l'environnement à long terme. Toutefois, nous en savons souvent assez pour justifier l'adoption de mesures correctives parallèlement à la poursuite des recherches.

L'évolution de la demande

Les Canadiens exercent des pressions beaucoup plus fortes sur leur environnement que les habitants de la plupart des autres pays. En partie en raison de la géographie, mais aussi à cause de nos attitudes et de notre niveau de vie, nous sommes parmi les plus gros consommateurs d'énergie par habitant dans le monde. Nous produisons également d'énormes quantités de déchets, ce qui témoigne d'une grave surconsommation des ressources et annonce de nouvelles dégradations de notre environnement. Le papier et le carton composent plus du tiers des déchets urbains (36 %); avec 4 millions de tonnes par année, ils représentent l'équivalent de 100 millions d'arbres. L'élimination des déchets devient de plus en plus difficile. D'importants centres urbains comme Toronto, Vancouver et Ottawa ont atteint la limite des décharges locales existantes. Vancouver achemine maintenant ses déchets sur plusieurs centaines de kilomètres à l'intérieur des terres, et d'autres centres envisagent des solutions semblables. Ironie du sort, les Canadiens pourraient éventuellement devoir consommer certaines des ressources les plus précieuses du pays — les combustibles non renouvelables — pour transporter et enfouir d'autres ressources.

Certains signes donnent toutefois à penser que les Canadiens ont commencé à réduire leurs demandes. Nous avons diminué notre consommation d'énergie grâce au chauffage et à l'isolation plus efficaces des maisons ainsi qu'à l'utilisation de véhicules écoénergétiques. Les programmes de recyclage et les produits verts ont été bien accueillis et pourraient permettre de désamorcer la crise grandissante de l'élimination des déchets. Cependant, les Canadiens n'ont pas encore modifié leurs habitudes de consommation au point de réduire la pression globale sur les écosystèmes. Ainsi, une majorité écrasante préfère la voiture particulière aux transports en commun. Bon nombre de Canadiens estiment que l'on est encore loin des limites de la consommation et ne voient donc pas la nécessité de modifier fondamentalement leurs habitudes. Notre économie est encore axée sur la consommation. Ces vieux modèles de consommation, renforcés par les structures existantes, mettront du temps à disparaître.

L'impact sur l'être humain

Vivant dans un pays qui permet à la plupart de ses habitants de satisfaire bien plus que leurs besoins fondamentaux, les Canadiens oublient parfois qu'ils sont tributaires de la nature. Cependant, comme nous vivons majoritairement dans des villes qui sont la source principale de nombreux polluants et que notre économie est basée en grande partie sur l'exploitation des ressources naturelles, la qualité de l'environnement est vitale pour notre mieux-être.

La santé

L'effet des polluants sur la santé est l'enjeu environnemental qui touche le plus directement la majorité des Canadiens. Les contaminants atmosphériques ont été liés à une variété de problèmes respiratoires et à d'autres affections. Les polluants comprennent le dioxyde de soufre et les particules en suspension provenant des fonderies et d'autres sources industrielles, de même que les composés organiques volatils, les oxydes d'azote et l'ozone de la basse troposphère provenant principalement des véhicules motorisés. Des produits chimiques toxiques rémanents ont également été relevés dans la chaîne alimentaire dans plusieurs régions : dioxines, BPC et pesticides organochlorés chez les poissons des Grands Lacs et d'autres réseaux, par exemple, et mercure dans les tissus des poissons attribuable à la contamination des cours d'eau par les rejets des usines ou aux inondations causées par la construction de nouveaux barrages. Les substances toxiques rémanentes ont été associées à une foule d'effets chroniques sur la santé, y compris des malformations congénitales, des troubles du système nerveux central et des cancers. Dans le Nord du Canada, les contaminants dans la chaîne alimentaire suscitent des inquiétudes croissantes, compte tenu notamment de la forte dépendance de nombreux habitants, et plus particulièrement des peuples autochtones, envers les « produits locaux ».

Dans de nombreuses autres parties du Canada, les lessivats qui s'échappent des décharges peuvent entraîner des substances toxiques vers les eaux souterraines. C'est de cette façon qu'une quantité importante de contaminants toxiques a pénétré dans les Grands Lacs, en particulier dans le lac Ontario. Nombre de zones de pêche commerciale et sportive des Grands Lacs ont été fermées ou considérablement limitées en raison de la contamination par des substances toxiques, et la consommation de certaines espèces a été interdite ou restreinte.

Nos connaissances des effets de bon nombre de ces contaminants sur la santé sont encore fragmentaires et basées sur un petit nombre de cas. Toutefois, tout

indique qu'il existe un danger. La Commission mixte internationale a récemment fait observer ce qui suit : lorsque les données existantes sur les poissons, les oiseaux, les reptiles et les petits mammifères sont considérées conjointement avec les recherches faites sur les êtres humains, on doit conclure que l'exposition à des substances toxiques rémanentes, même à de très faibles doses, présente un risque pour la santé de nos enfants (Commission mixte internationale, 1990).

Les collectivités et la société

Les changements environnementaux, à petite et à grande échelle, pourraient épuiser ou détruire le capital-nature dont dépendent de nombreuses collectivités. Un réchauffement planétaire marqué aurait d'importantes répercussions sur des industries canadiennes de première importance telles que l'agriculture, l'exploitation forestière, la pêche, l'exploitation des ressources énergétiques et le tourisme. L'acidification constitue également une menace, en particulier pour l'industrie forestière et la pêche intérieure.

Les changements environnementaux pourraient avoir des répercussions socio-économiques catastrophiques pour un grand nombre de Canadiens. Des millions d'emplois dépendent de l'extraction et de la transformation des ressources naturelles. Par exemple, l'industrie forestière emploie à elle seule, directement ou indirectement, quelque 900 000 travailleurs qui, à titre de consommateurs, assurent de nombreux autres emplois. Les répercussions seraient particulièrement graves pour les petites villes monoindustrielles dont l'économie dépend d'une usine de transformation du poisson, d'une scierie ou d'autres activités axées sur les ressources. On peut déjà constater ce phénomène dans certaines localités de la côte atlantique, où la réduction des contingents de pêche destinée à favoriser le rétablissement des stocks a entraîné la fermeture d'usines de transformation du poisson. La fermeture des zones coquillières a provoqué des pertes d'emploi sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique, et la diminution des approvisionnements locaux en bois a causé la fermeture de scieries.

Nombre de collectivités nordiques et autochtones sont tributaires de régions de plus en plus touchées par de grands projets de mise en valeur des ressources et par des polluants produits dans le Sud. Ces collectivités pourraient non seulement perdre leurs sources traditionnelles de subsistance mais aussi la possibilité de pratiquer leur mode de vie traditionnel, qui est souvent en harmonie avec la nature. Pour plusieurs d'entre elles, cette situation pourrait entraîner de graves répercussions socio-économiques et une dépendance à l'égard des importations d'aliments et de combustibles du Sud. Certains groupes autochtones du nord de l'Ontario ont dû vivre cette pénible situation lorsque la pêche dans le réseau des rivières Wabigoon et English a été interdite en raison de la contamination des eaux par le mercure contenu dans les effluents d'une usine de pâtes et papiers voisine. Les rejets ont été pratiquement éliminés, mais le réseau prendra des années à se rétablir.

Le caractère inesthétique ou dangereux de certaines installations soulève un autre problème. Les collectivités canadiennes s'opposent de plus en plus à l'implantation de telles installations dans leurs régions et ce, même quand il s'agit d'équipements nécessaires comme les installations d'élimination des déchets dangereux. Bien que les améliorations apportées au choix des emplacements, aux contrôles de gestion et aux techniques aient réduit le danger, le syndrome du « pas dans ma cour » fait en sorte qu'il est extrêmement difficile de rallier les collectivités à l'implantation de ces installations. Les déversements de produits chimiques toxiques et d'autres accidents, tels que l'incendie de l'entrepôt de BPC à Saint-Basile-le-Grand, en 1987, continuent d'alimenter les craintes de la population et soulignent en même temps l'urgence de construire des équipements appropriés d'élimination des déchets dangereux. L'implantation d'installations indésirables, comme les décharges, les centres de collecte de produits toxiques domestiques et les installations d'élimination des déchets nucléaires, est une conséquence inévitable des habitudes de consommation des Canadiens. En fin de compte, *quelqu'un* doit accepter ces installations dans sa cour.

LES SIGNES DE PROGRÈS

En 1987 (1988 pour la version française), la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, connue également sous le nom de Commission Brundtland, publiait son rapport historique intitulé *Notre avenir à tous*. Ses principales recommandations ont été formulées dans le sens du « développement soutenable », défini comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (Commission mondiale sur l'environnement et le développement, 1988). La réalisation de cet objectif optimiste exigera de modifier sensiblement non seulement notre perception de l'environnement, mais aussi nos aspirations et nos modes de vie. Elle aura des répercussions sur les décisions prises à la maison, à l'école, dans les bureaux, dans les salles de conseil et dans les usines au Canada.

> *La réponse canadienne à la Commission Brundtland définissait le « développement économique durable » comme … « un développement où l'utilisation des ressources et de l'environnement aujourd'hui ne remet pas en cause leurs perspectives d'utilisation par les générations futures » (Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie, 1987). Elle déterminait le rôle de chaque secteur de la société canadienne dans la recherche d'un avenir plus durable. Composé de ministres, de dirigeants d'entreprise, de représentants d'organismes non gouvernementaux et d'universitaires, le Groupe de travail a publié un rapport consensuel visant à aider les Canadiens à intégrer le concept du développement durable dans leurs activités.*

La section qui suit fait état de plusieurs initiatives prises par les Canadiens — industries, gouvernements, particuliers et groupes — pour trouver de nouvelles solutions aux problèmes environnementaux et pour régler les problèmes créés dans le passé. Certaines de ces initiatives figurent au tableau 27.2.

TABLEAU 27.2

Signes de progrès : exemples d'initiatives environnementales canadiennes et internationales

ACTION / NIVEAU	PRÉVISION ET PRÉVENTION •Modèle •Plan •Prise de décisions	TRAITEMENT •Dépollution •Réglementation	TECHNOLOGIE •Innovation •Normes	GESTION DES RESSOURCES RENOUVELABLES	RESSOURCES NON RENOUVELABLES •Gestion intégrale	CONSOMMATION ET DÉCHETS •Réduction •Réutilisation •Recyclage	MILIEU BÂTI	STRATÉGIES •Conservation •Intégration	SENSIBILISATION •Connaissances •Attitude
International	•Convention sur le changement climatique •Stratégie circum-polaire des Inuit	•Protocole de Montréal •CITES •Accord sur les pluies acides	•Travaux en cours en vue de l'adoption de conventions sur le changement climatique et la biodiversité	•Ententes sur les pêches •Accord Canada–États-Unis sur la qualité de l'eau	•Contrôle des exportations de déchets dangereux	•Lois sur l'immersion en mer	•Convention du patrimoine mondial •Programme des Nations Unies sur les villes durables	•Stratégie mondiale de la conservation •Convention de Ramsar •CNUED, Brésil 1992 •Convention sur le patrimoine mondial	•Commission Brundtland •Institut international pour le développement durable
Partenariats	•Tables rondes nationales, provinciales, territoriales •Ententes auxiliaires Canada–Nouvelle-Écosse sur le développement durable	•Plans de mesures correctives (Grands Lacs, St-Laurent) •Programmes des sites orphelins	•Globe 90, 92 - conférence et foire commerciale (Vancouver)	•PNAGS •Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique	•Programme Gestion responsable de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques	•Bourse canadienne des déchets	•Secteur riverain de Toronto	•Table ronde nationale •Réseau des parcs nationaux	•Globe 90, 92 •Brésil 1992 •Les Partenaires de l'environnement •Choix environnemental
Fédéral	•Développement durable dans la législation sur les forêts •Politique d'aucune perte nette dans le secteur des pêches •Législation fédérale sur l'évaluation environnementale	•*Loi canadienne sur la protection de l'environnement* •Groupe d'experts sur la R&D en énergie •Plan vert	•Programmes de gestion intégrée des ravageurs •Banques de semences	•Programme Prairie Care •Programme national de conservation des sols	•Plan de gestion des oxydes d'azote et des composés organiques volatils	•Protocole sur l'emballage •Objectifs du CCME touchant la réduction des déchets	•Programme d'isolation des résidences •Programme de remplacement du pétrole •Concours de maisons saines	•Plan vert	•Rapports sur l'état de l'environnement •Semaine de l'environnement
Provincial/ Territorial	•Zonage provincial des terres agricoles (Québec, Colombie-Britannique, Terre-Neuve) •Planification intégrée des ressources (Alberta)	•Plan de contrôle des pesticides de l'Ontario	•Remise en état des sites miniers (p. ex., Alberta) •Techniques de recyclage du plastique (Colombie-Britannique, Manitoba, Ontario)	•Allégements de l'impôt foncier pour les mesures privées de conservation •Stratégie sur le développement durable des forêts (Ontario)	•Examen environnemental des sites proposés	•Lois sur le recyclage des résidus métalliques •Lois sur le recyclage des matières plastiques, du verre et des contenants métalliques	•Projets pilotes pour des habitations respectueuses de l'environnement	•Stratégies de conservation et de développement durable dans les provinces et les territoires (Île-du-Prince-Édouard, Yukon)	•Nouveaux instituts pour les études en environnement et le développement durable (p. ex. Victoria)
Régional/ Municipal	•Intégration de l'environnement dans de nombreux plans officiels (p. ex., Geraldton, Mission, Ottawa, etc.)	•Cueillette de déchets toxiques domestiques dans de nombreuses municipalités	•Réduction du bruit et des fumées par le biais du zonage •Parc de véhicules mus au propane •Transports en commun éconergétiques	•Protection des aires de conservation par le biais du zonage	•Plans d'action pour les déchets urbains (3R)	•Plan de gestion des effluents du Grand Vancouver •Compostage communautaire	•Traitement accru des eaux usées •Sections sur l'environnement dans les plans •Normes de construction éconergétiques	•Stratégies communautaires de développement durable (p. ex., Mission, Peterborough)	•Journées locales de l'environnement et colloques
Secteur privé	•Stratégies environnementales à long terme pour l'industrie (p. ex., pétrole, produits chimiques, exploitation minière) •Association des industries de l'environnement	•Codes de pratiques (p. ex., foresterie, exploitation minière, industrie pétrolière)	•Nouvelles techniques de réduction des émissions •Véhicules électriques •Substituts des CFC	•Utilisation polyvalente des forêts •Fermes de conservation •Écotourisme	•Recherche de substituts (p. ex., optique de fibres, combustibles)	•Recyclage accru du papier •Récupération des huiles usées	•Maisons R-2000 •Rattrapage industriel axé sur la conservation	•Évaluations environnementales •Stratégies environnementales des entreprises	•Sensibilisation des travailleurs en matière d'environnement
Organismes non gouvernementaux / Collectivités / Particuliers	•Stratégies locales (p. ex., Clayoquot Sound, Lac Saint-Jean)	•Corvées de nettoyage des rives (p. ex., Belleville)	•Utilisation d'ampoules et d'appareils ménagers écoénergétiques	•Fonds pour les espèces en danger de disparition •Plan de gestion des hardes de caribous Beverly-Kaminuriak	•Réutilisation des contenants •Utilisation du pouvoir d'achat pour promouvoir le développement durable	•Cueillette sélective des déchets •Compostage domestique	•Plantation d'arbres dans les villes, nettoyages	•Nature Trust (Colombie-Britannique)	•Journées et manifestations communautaires axées sur l'environnement •Guides « verts »

CCME - Conseil canadien des ministres de l'environnement; CITES - Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction; PNAGS - Plan nord-américain de gestion de la sauvagine; CNUED - Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement.

Les réponses aux problèmes environnementaux

Prévoir et prévenir

« Mieux vaut prévenir que guérir. » L'un des principaux objectifs visés par le rapport Brundtland consiste à prévoir les problèmes environnementaux de façon à les prévenir ou, du moins, à éviter qu'ils ne s'aggravent. Par exemple, le Protocole de Montréal peut être considéré comme une réponse à un problème existant, soit la perte d'ozone, mais aussi comme une mesure destinée à empêcher un appauvrissement encore plus marqué de la couche d'ozone, qui pourrait avoir des effets beaucoup plus catastrophiques. On travaille actuellement à élaborer des conventions internationales semblables pour régler d'autres problèmes planétaires urgents, tels que le changement climatique et la préservation de la diversité biologique.

Au Canada, les mécanismes de prévision et de prévention des problèmes environnementaux sont de plus en plus intégrés au processus décisionnel des gouvernements. Les procédés d'évaluation environnementale sont renforcés et des objectifs et critères en matière d'environnement sont inclus dans les ententes fédérales-provinciales de développement économique et régional. Le gouvernement a mis sur pied un comité du Cabinet chargé de l'environnement pour veiller à ce que les politiques et décisions fédérales soient davantage respectueuses de l'environnement.

Les techniques de modélisation multisectorielle utilisées pour simuler les interactions entre les divers éléments d'un écosystème ont permis de mieux évaluer les effets sur les écosystèmes. Ces modèles ont servi à gérer les Grands Lacs, à déterminer les effets potentiels des dépôts acides et à évaluer les impacts probables de différentes méthodes de gestion des sols. En outre, ils permettent de recenser les possibilités d'intervention et de mieux cibler les efforts de réhabilitation.

Toutes ces mesures sont positives, mais le Canada ne peut toujours pas prévenir la plupart des problèmes environnementaux par le recours à des techniques de prévision. Toutefois, il apparaît de plus en plus qu'une telle méthode est essentielle. On constate à l'évidence que le coût de la dépollution dans les cas de déversements d'hydrocarbures, de contamination des eaux souterraines ou de fuite de réservoirs de stockage est nettement supérieur à celui de la prévention.

Régler les problèmes du passé : dépollution et réglementation

La pollution des voies d'eau, le lessivage des déchets toxiques et la contamination des sols et des sédiments sont représentatifs des dommages infligés à l'environnement dans le passé et que nous devons aujourd'hui réparer. Pour résoudre les problèmes de pollution dans les points chauds du pays, les gouvernements, les industries et les collectivités ont élaboré des plans d'assainissement. Des programmes de dépollution ont été mis en œuvre dans les provinces de l'Atlantique, les Grands Lacs, le fleuve Saint-Laurent et le Fraser. Par exemple, le Plan d'action Saint-Laurent vise à réduire, d'ici 1993, les effluents toxiques rejetés par 50 industries à 10 % de ce qu'ils étaient en 1988. Des programmes d'assainissement sont en cours dans le port de Hamilton, l'inlet Burrard et le port de Halifax. En outre, des efforts considérables sont actuellement déployés afin de nettoyer les étangs bitumineux de Sydney, en Nouvelle-Écosse, et d'enlever ou de décontaminer le sol d'anciens sites industriels, tel le secteur de False Creek, à Vancouver.

Bien qu'exemplaires, ces programmes sont loin de résoudre tous les problèmes. Par exemple, il faut réhabiliter de nombreux terrils, mines et carrières qui ont été abandonnés avant que la plupart des gouvernements n'adoptent des règlements prévoyant la remise en état des sites.

Plusieurs nouveaux mécanismes de réglementation ont été mis en place ces dernières années; ils auront un effet considérable sur les rejets de polluants dans l'avenir. En particulier, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* de 1988 prévoit des moyens efficaces de lutte contre les substances toxiques d'intérêt prioritaire (Gouvernement du Canada, 1988). De nouveaux règlements adoptés en vertu de cette loi exigent des usines de pâtes et papiers qu'elles éliminent les dioxines et les furanes de leurs effluents d'ici 1994. Diverses autres mesures seront prises pour limiter les émissions d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils, de pesticides, de dioxyde de soufre et d'autres polluants et pour mettre progressivement un terme à la production et à l'utilisation des CFC et d'autres substances chimiques qui appauvrissent la couche d'ozone. De plus, les Lignes directrices de Montréal, produites à l'intention du Programme des Nations Unies pour l'environnement en 1985, fournissent une méthode intégrée en vue de réduire la proportion (80 %) des contaminants d'origine continentale dans les océans. Plusieurs provinces ont également renforcé leur réglementation.

L'innovation technologique

Les innovations et les progrès technologiques peuvent contribuer dans une large mesure à la réduction de la pollution. La conception de véhicules motorisés plus légers et plus efficaces, équipés de dispositifs antipollution et fonctionnant à l'essence sans plomb, a aidé à améliorer la qualité de l'air en milieu urbain, même si le parc automobile a presque doublé depuis 1970. De même, bien que les usines de pâtes et papiers aient augmenté leur production, l'application de nouvelles techniques a permis de réduire, dans les effluents, la quantité de particules en suspension et de substances consommatrices d'oxygène.

La demande croissante de techniques de production plus propres, de meilleures méthodes de traitement des déchets et de réduction des impacts sur l'environnement a contribué à l'essor d'une industrie de technologie environnementale et d'experts-conseils qui génère actuellement entre 7 et 10 milliards de dollars par année et crée quelque 150 000 emplois directs et

indirects. En fait, l'industrie a progressé au point où elle a créé son propre groupe de coordination, l'Association canadienne des industries de l'environnement. À la foire commerciale de Globe 90, à Vancouver, plusieurs centaines d'entreprises ont fait la promotion de techniques et de méthodes de dépollution ou de prévention. Globe 92, qui se tiendra aussi à Vancouver, poursuit les mêmes objectifs. Les sociétés canadiennes ont à leur actif de nombreuses réalisations notables : techniques d'incinération améliorées, nouveaux procédés de nettoyage, méthodes de recyclage et de réutilisation des déchets, applications majeures de techniques informatiques à la gestion des ressources naturelles et applications innovatrices des techniques de télédétection aux problèmes environnementaux.

L'aide des gouvernements a contribué à l'élaboration de techniques correctives. La Colombie-Britannique, le Manitoba et l'Ontario ont aidé les fabricants de plastique à concevoir de nouveaux procédés de recyclage, et le programme de recherche énergétique de l'Ontario finance le développement de techniques visant à réduire la consommation d'essence des véhicules motorisés. Parallèlement, le programme Choix environnemental du gouvernement fédéral contribue à l'élaboration de normes pour la mise au point de produits et de procédés respectueux de l'environnement.

S'il ne peut garantir à lui seul un avenir durable, le progrès technologique fai néanmoins partie intégrante de la solution.

> ***« Par définition, si une entreprise ne renouvelle pas constamment son équipement et le capital-ressources dont dépend son profit, elle est vouée à disparaître. Le développement durable consiste simplement à appliquer ces critères à l'ensemble du capital-ressources, la planète. »***
>
> ***Maurice Strong, secrétaire général de la Conférence mondiale sur l'environnement et le développement.***

Les progrès dans la gestion des ressources

La gestion des ressources renouvelables

C'est peut-être la gestion des ressources renouvelables qui permet le mieux de comprendre l'objectif du développement durable. Par exemple, la gestion du rendement soutenu en foresterie est l'une des applications les plus simples de cette notion. Ainsi, le nombre d'arbres coupés chaque année dans une forêt est limité au nombre d'arbres qui peut être régénéré par une nouvelle croissance et ce, de manière à assurer un rendement soutenu de fibres.

La foresterie durable ne se limite toutefois pas à soutenir le rendement d'un seul produit. Elle exige la gestion du potentiel global d'une région à fournir des biens et des services. Les plans de coupe doivent tenir compte non seulement du rendement soutenu du bois, mais aussi de toutes les autres utilisations de la forêt (conservation et protection des ressources en eau, par exemple, et sauvegarde de l'habitat et de la beauté naturelle). Ils doivent permettre de garder intacte la diversité des écosystèmes et des espèces. À plus grande échelle, les considérations en matière de développement durable devraient inclure des facteurs tels que l'utilisation de l'énergie, la gestion des déchets, la diversité biologique et la contribution au bilan mondial du carbone.

Le secteur forestier a adopté plusieurs mesures positives. À l'échelon gouvernemental, la Stratégie nationale pour le secteur forestier canadien, élaborée par le Conseil canadien des ministres des Forêts en 1987, préconise ce type de gestion intégrée des ressources ainsi qu'une politique de régénération forestière (Conseil canadien des ministres des Forêts, 1987). Le développement durable, une des missions clés confiées à Forêts Canada lors de sa création en 1990, est à la base des principes sous-jacents aux ententes fédérales-provinciales de mise en valeur des ressources forestières (Forêts Canada, 1990).

L'industrie a également mis en branle d'importants projets. L'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers a publié un énoncé sur l'environnement qui engage les sociétés membres à respecter des normes élevées applicables tant à la foresterie à rendement soutenu qu'à la promotion des utilisations multiples des forêts et de la sensibilisation des travailleurs aux questions environnementales (Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, 1989). Plusieurs sociétés ont aussi adopté des politiques environnementales ou des codes de pratiques dans le domaine. Tous ces efforts ont jeté les bases d'une gestion plus durable des forêts. Toutefois, il faudra un certain temps avant qu'ils ne produisent des résultats; même l'objectif du rendement soutenu n'a pas encore été atteint à l'échelle nationale.

Appliquée à l'agriculture, la notion de développement durable suppose la préservation non seulement des terres productives et des ressources en eau, mais aussi d'un éventail plus large de fonctions écologiques. Pour atteindre l'objectif du développement durable, les agriculteurs devront se transformer en gestionnaires locaux des bassins versants, des habitats et des paysages ruraux. Ils devront abandonner certaines vieilles pratiques et assumer de nouvelles responsabilités, modifier leurs méthodes de plantation et de rotation des cultures, laisser le chaume dans les champs pendant l'hiver, avoir recours plus souvent à la gestion intégrée des ravageurs et préserver les brise-vent, les milieux humides ou les cours d'eau. Dans maintes régions, la monoculture sera remplacée par un usage plus varié des terres de manière à réduire la vulnérabilité des cultures aux ravageurs et à favoriser la biodiversité. Le rapport du Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture, intitulé *Partenaires dans la croissance : rapport aux ministres de l'Agriculture* (1990) traduit l'appui croissant du gouvernement en faveur de la prise en compte des facteurs écologiques en agriculture. Toutefois, il reste beaucoup de travail à faire pour que les pratiques culturales existantes et les mécanismes d'aide soient compatibles avec l'utilisation durable des terres.

Durement touchée par la diminution des stocks et la contamination des zones de pêche, l'industrie canadienne des pêches s'apprête elle aussi à adopter la gestion durable des ressources. Bien que la gestion des pêches soit l'objectif premier, la gestion durable des océans s'attache de plus en plus au rôle de ceux-ci dans la neutralisation des substances toxiques, la régularisation du climat et d'autres fonctions vitales à l'échelle de la planète. La mise en place de systèmes d'information comme le Réseau d'information sur les eaux intérieures, côtières et océaniques compte parmi les principales initiatives visant une meilleure gestion intégrée de ces ressources. En outre, le Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique est destiné à faire avancer les sciences halieutiques et à favoriser la conservation et la diversification. On espère que de nouvelles méthodes de répartition des contingents contribueront à améliorer la gestion des stocks de poissons et à réduire les risques d'épuisement de la ressource dans l'avenir. Des ententes internationales ont également été élaborées en vue de réglementer les stocks de poissons, mais leur mise en œuvre s'est révélée difficile.

Dans le Nord, les effets des activités humaines s'intensifient, ce qui rend d'autant plus importante la gestion des ressources renouvelables. Ainsi, le Plan de gestion de la harde de caribous de Beverly-Kaminuriak a eu des retombées écologiques et économiques pour les collectivités des zones limitrophes du Manitoba et des Territoires du Nord-Ouest. Grâce aux sommes investies pour améliorer la gestion de la harde et de son habitat, le troupeau jadis décimé est maintenant stable et peut soutenir une récolte durable de 19 000 caribous par année, de même qu'une industrie associée de chasse et de pourvoirie. Pour les 10 000 personnes qui vivent dans les limites ou à proximité de l'aire de répartition du caribou, les bénéfices se chiffrent à plus de 57 millions de dollars par année. Ce plan pourrait bien servir de modèle à d'autres plans de gestion des ressources dans le Nord.

Les formes d'énergie renouvelable — solaire, éolienne, marémotrice et hydroélectrique à petite et à grande échelle — sont susceptibles de favoriser l'utilisation durable de l'énergie, car elles ne consomment pas de combustibles et elles ont un impact négligeable sur le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique. Toutefois, elles peuvent avoir d'autres répercussions sur l'environnement. Depuis de nombreuses années, la production d'hydroélectricité à grande échelle permet de répondre dans une très large mesure aux besoins énergétiques du Canada mais, de plus en plus, la construction de nouvelles mégacentrales fait craindre la destruction ou la perturbation des écosystèmes. Il existe de nombreuses autres sources d'énergie renouvelable, pratiquement inexploitées, mais il faudra quelque temps pour que les techniques nécessaires puissent être appliquées à grande échelle. Par conséquent, les efforts sont maintenant axés sur la réduction de la demande énergétique plutôt que sur l'accroissement de l'approvisionnement. Grâce à une meilleure isolation des bâtiments, aux chaudières, ampoules et appareils ménagers plus efficaces, à une plus grande densité de logements et à d'autres mesures, il est possible de diminuer considérablement les besoins énergétiques et de réduire par voie de conséquence les effets environnementaux de l'offre énergétique.

Comme le développement durable vise à préserver la capacité des écosystèmes d'entretenir le plus large éventail possible de fonctions à long terme, la gestion des ressources doit être un processus intégré; en d'autres termes, les décisions en matière de gestion et d'utilisation des ressources doivent tenir compte de tous les secteurs de l'environnement. L'Alberta a adopté une méthode intégrée de planification des ressources, et d'autres administrations provinciales et régionales incorporent certains aspects de la planification environnementale multisectorielle, principalement dans le processus de planification régionale. Toutefois, cette pratique est loin d'être généralisée au Canada.

La gestion intégrale des ressources non renouvelables

À première vue, la notion de développement durable semble s'appliquer difficilement aux ressources non renouvelables comme les combustibles fossiles ou aux ressources non reconstituables comme les métaux et les agrégats, car ces ressources sont, par définition, limitées et leurs réserves diminuent à mesure qu'elles sont consommées. Cependant, elles sont à l'origine de produits, de services et de fonctions qui ne diminueront pas et dont la durabilité doit être assurée. Heureusement, il existe plusieurs options pour en assurer la pérennité.

Le recyclage, la réutilisation et la valorisation sont essentiels à un approvisionnement soutenu dans le cas des ressources non reconstituables comme les métaux. Bon nombre d'industries canadiennes ont mis en œuvre des programmes de recyclage qui, en plus d'être bénéfiques pour l'environnement, comportent des avantages économiques pour les industries elles-mêmes : par exemple, les coûts de transport et d'élimination sont réduits et, dans certains cas, des recettes peuvent être tirées de la vente de « matières brutes secondaires ». Dans la plupart des régions, des bourses de déchets, comme la Bourse canadienne des déchets, sont mises sur pied pour servir d'intermédiaires entre les sociétés qui veulent se débarrasser de leurs déchets et celles qui désirent acquérir des matières premières à prix économique.

Dans le cas des ressources non renouvelables comme les combustibles fossiles, l'emploi de substituts constitue la principale méthode de conservation. Souvent, l'énergie hydroélectrique ou d'autres formes d'énergie renouvelable peuvent remplacer les combustibles fossiles. De même, on peut économiser les réserves minérales limitées en optant pour des matières plus abondantes. Par exemple, l'optique de fibres dans les systèmes de communications permet de réserver de grandes quantités de cuivre et d'autres métaux à d'autres applications. On pourrait même avancer que les ressources non renouvelables devraient être utilisées surtout lorsqu'il n'existe pas de substitut ou dans les applications qui permettent leur recyclage et leur réutilisation. Ainsi, le pétrole peut être utilisé de

façon plus durable comme lubrifiant que comme combustible parce que l'huile de lubrification est recyclable.

L'extraction et l'utilisation des ressources non renouvelables peuvent également avoir de graves répercussions sur les ressources renouvelables et sur la qualité de l'environnement en général. C'est pourquoi plusieurs associations industrielles élaborent des lignes directrices et des codes de pratiques qui leur permettent de gérer leurs produits durant tout leur cycle de vie. La politique de gestion responsable de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques en est un exemple. Le code de pratiques de l'Association vise à réduire au minimum les risques pour la santé et l'environnement aux étapes de la conception, de l'introduction, du transport, du stockage, de la manutention, de la distribution et de l'élimination des produits chimiques (Association canadienne des fabricants de produits chimiques, 1990). L'Association minière du Canada a également approuvé une politique environnementale à l'intention de ses membres et elle élabore actuellement un code de pratiques environnementales (Association minière du Canada, 1990). En outre, l'Association pétrolière du Canada a adopté un ambitieux code de pratiques environnementales que devront respecter ses membres (Association pétrolière du Canada, 1989). Bien qu'elles favorisent l'intégration de considérations environnementales dans le processus décisionnel des industries, ces initiatives sont néanmoins récentes et les codes et politiques ne couvrent pas tous les secteurs.

La réduction de la consommation et des déchets

Les Canadiens ont déjà réduit leur consommation et leur production de déchets dans certaines régions, et les progrès commencent à se faire sentir dans d'autres. Des méthodes d'isolation plus efficaces ont permis de réduire la consommation d'énergie par habitant pour le chauffage domestique, tandis que les voitures à haut rendement consomment moins de carburant et sont moins polluantes. En outre, les Canadiens cherchent sérieusement à réduire la quantité de leurs déchets domestiques, tout particulièrement les emballages, qui représentent le tiers des déchets urbains. On estime que chaque Canadien a produit 1,8 kg de déchets par jour en 1988. Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement envisage de réduire ce volume de moitié d'ici l'an 2000. Le Protocole national sur l'emballage, qui vise une réduction de 50 % du volume des emballages durant la même période, constitue un élément important de ce plan.

La participation des citoyens, des entreprises et des collectivités aux programmes de recyclage et de compostage dans l'ensemble du Canada témoigne d'un changement d'attitude très positif envers l'environnement. Vers le milieu de 1991, le programme ontarien des « boîtes bleues », auquel participaient plus de deux millions de foyers, traitait environ 14 % des déchets domestiques. Toutefois, dans de nombreux cas, le recyclage est coûteux et les marchés pour les matières ainsi récupérées sont difficiles à trouver. Cette situation anormale persistera sans doute jusqu'à ce que le marché reflète les coûts et les avantages réels des facteurs environnementaux.

L'amélioration des zones bâties

La plupart des Canadiens vivent en milieu urbain. Cette concentration de la population dans nos villes est à la fois un problème et un avantage. D'une part, les villes détruisent les écosystèmes naturels et rejettent d'énormes quantités de polluants. D'autre part, la densité démographique facilite la gestion de certains impacts environnementaux. Le traitement des eaux usées, la gestion des déchets et le transport en commun ne sont pas seulement plus nécessaires en région urbaine; ils sont également plus réalisables. Milieu le plus dominé par l'être humain, la ville présente un ensemble exceptionnel de défis et d'occasions.

Dans maints centres urbains, l'aménagement axé sur l'environnement a permis de séparer les sources de pollution et les quartiers résidentiels et de fournir l'infrastructure nécessaire au recyclage et à la réutilisation des déchets. Nombre de plans urbains récents prévoient l'aménagement d'espaces dégagés dans le quartier des affaires, protègent les corridors naturels et les aires sauvages et favorisent la plantation d'arbres sur les terrains privés et publics et même sur les toits. Dans certains centres, la remise en état et la rénovation des vieux immeubles sont encouragées; il en résulte des économies sur les plans foncier et énergétique et en ce qui concerne les services urbains. Par exemple, la revitalisation et le réaménagement des zones urbaines à Toronto et à Vancouver ont eu des résultats positifs. Ces secteurs ne servent pas seulement à une variété d'usages; leur densité démographique favorise la marche et le recours à la bicyclette et aux transports en commun et améliore l'efficacité du chauffage.

L'intégration de facteurs environnementaux dans l'aménagement urbain ne sera pas facile, mais de plus en plus d'indices montrent que le processus est bel et bien engagé. Certaines villes, comme Peterborough en Ontario, ont mis sur pied des comités consultatifs du développement durable tandis que d'autres, comme Burnaby en Colombie-Britannique, ont créé des postes de planificateurs en environnement ou en écosystème. Par ailleurs, la ville d'Ottawa et plusieurs autres collectivités ont adopté des stratégies de conservation ou de développement durable comme outils de planification à long terme. De plus en plus, les facteurs environnementaux sont intégrés aux processus de planification dès la conception des projets, ou du moins à une étape préliminaire, ce qui améliore les chances d'atténuer les impacts négatifs. Les succès remportés à ce jour sont peu nombreux, mais les perspectives sont encourageantes.

Les stratégies de conservation et de développement durable

À l'heure actuelle, les Canadiens sont engagés dans un processus de consultation à plusieurs niveaux, processus qui

vise à définir leurs objectifs environnementaux à long terme et à les concilier avec leurs priorités socio-économiques. De façon générale, cela a entraîné la création de tables rondes permanentes sur l'environnement et l'économie par le gouvernement fédéral, les provinces et les territoires et certaines autorités régionales. Elles sont composées de citoyens et de représentants des gouvernements, des entreprises, d'organismes non gouvernementaux et des milieux universitaires. Les discussions ont permis de déterminer les rôles que les entreprises, les gouvernements et les particuliers peuvent jouer dans la résolution des problèmes environnementaux et elles ont orienté les gouvernements dans l'élaboration de stratégies d'intervention appropriées. Enfin, elles ont aidé à promouvoir l'application du principe du développement durable par d'autres.

Établie en 1988, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie s'est vu confier un mandat en cinq volets. Premièrement, elle évalue les effets environnementaux des politiques et mesures gouvernementales telles que la politique budgétaire, la fiscalité, les redevances, les subventions et la réglementation. Deuxièmement, elle évalue les processus décisionnels dans les secteurs public et privé et suggère les modifications à leur apporter afin qu'ils reflètent mieux les principes du développement durable. Troisièmement, elle encourage les pratiques du développement durable dans la gestion des déchets. Quatrièmement, elle examine comment le commerce extérieur, la politique étrangère, les ententes internationales et l'aide peuvent servir à promouvoir et à appuyer le développement durable à l'échelle internationale. Enfin, elle définit des moyens de sensibiliser la population aux principes du développement durable et ainsi favoriser l'émergence de valeurs et de mesures plus respectueuses de l'environnement.

Les travaux des différentes tables rondes sont actuellement axés sur l'élaboration de stratégies de conservation. L'Île-du-Prince-Édouard a été la première à appliquer ce genre de stratégie en 1987; elle a été suivie du Yukon en 1990. D'autres provinces et territoires ainsi que certaines municipalités et régions, comme le Lac Saint-Jean au Québec, Clayoquot Sound en Colombie-Britannique et Peterborough en Ontario, y travaillent également. Là où ces stratégies sont en place, elles encadrent les décisions sur des politiques et des programmes à long terme et aident à concerter les efforts pour régler des problèmes qui intéressent plus d'un secteur de la société.

La nouvelle attitude écologique des gouvernements

Tout comme les sociétés privées et les particuliers, les gouvernements font partie tant du problème que de la solution. Par l'application de plusieurs milliers de politiques et de programmes, les administrations fédérale, provinciales, territoriales et locales ont un impact notable sur les décisions individuelles et sur les options de développement. Les gouvernements établissent des règles, subventionnent certaines activités et en pénalisent d'autres, et fournissent une quantité substantielle d'informations reçues d'autres décideurs. Collectivement, les gouvernements gèrent plus de 90 % de l'environnement du Canada et établissent des politiques pour utiliser la portion restante. En outre, ils financent ou réglementent la plupart des mégaprojets et autres importantes activités de construction au Canada.

Conçus traditionnellement en fonction d'un objectif précis, les programmes gouvernementaux négligent souvent de prendre en compte d'autres considérations. Par conséquent, les stimulants fiscaux, les subventions ou les programmes qui aident un secteur nuisent parfois à d'autres, par inadvertance. Ainsi, les systèmes de quotas destinés à mieux gérer la productivité agricole peuvent contribuer à l'érosion des sols dans les Prairies en créant une situation où il peut être financièrement avantageux pour les céréaliculteurs de labourer le flanc des collines ou de procéder au remplissage de cours d'eau. De même, les subventions accordées aux producteurs primaires peuvent contribuer à réduire la diversité des espèces en encourageant la monoculture.

Les décisions gouvernementales touchant l'emplacement d'infrastructures peuvent également influencer les activités des autres secteurs de la société. L'emplacement des services d'égout ou d'adduction d'eau peut encourager des activités de développement dans des milieux de grande valeur ou vulnérables, par exemple, des milieux humides ou des terres agricoles de choix ou encore des habitats fragiles. L'examen environnemental des programmes et des activités des gouvernements s'est accru au fur et à mesure que l'on a pris conscience du problème. De fait, ce processus fait partie de toutes les nouvelles ententes fédérales-provinciales et fédérales-territoriales de développement depuis 1988. De même, les planificateurs gouvernementaux ont commencé à incorporer des critères environnementaux aux nouvelles initiatives. Toutefois, il est encore particulièrement difficile de déterminer et de modifier les éléments des programmes gouvernementaux existants qui n'incitent pas à un comportement respectueux de l'environnement.

En plus d'intégrer les considérations environnementales à leurs programmes, les gouvernements conçoivent de nouveaux outils pour promouvoir les objectifs environnementaux. Par exemple, la fiscalité rurale en Alberta incorpore maintenant des critères environnementaux au processus d'évaluation. De la sorte, on a notamment éliminé les avantages fiscaux associés au défrichement ou à la modification des terres agricoles marginales. Pour trouver une solution au problème croissant des déchets, l'Ontario et la Colombie-Britannique imposent une taxe sur les pneus pour couvrir les coûts de leur recyclage ou de leur réutilisation. Plusieurs gouvernements, y compris le gouvernement fédéral, ont également commencé à examiner l'utilisation des permis échangeables et d'autres mesures économiques pour lutter contre la pollution.

Les grands plans d'action environnementale, tel le Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990) doté d'un crédit de 3 milliards de dollars et dont la mise en œuvre s'échelonnera sur

six ans, constituent un autre outil important pour atteindre les grands objectifs environnementaux. Prenant appui sur une vaste consultation publique, le Plan vert met de l'avant la notion de développement durable dans le but « d'assurer aux Canadiens d'aujourd'hui et de demain un environnement sûr et sain, ainsi qu'une économie forte et prospère ». En plus de présenter des politiques, normes et programmes fédéraux nouveaux pour assainir, protéger et mettre en valeur l'environnement, il comporte des initiatives axées sur la réduction des déchets et de la consommation d'énergie et aborde les questions de la sécurité de l'environnement mondial, d'un processus décisionnel respectueux de l'environnement et de la capacité d'intervention du Canada en situation d'urgence. Le Plan repose également sur les programmes fédéraux et provinciaux existants et renferme des objectifs assortis de calendriers qui seront mis à jour tous les ans selon les priorités et les problèmes nouveaux.

Les partenaires dans la recherche de solutions

On assiste à la formation de nouveaux partenariats entre les organismes non gouvernementaux, les collectivités et les entreprises dans la lutte contre les problèmes environnementaux. Par exemple, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, dont le budget s'élève à plusieurs millions de dollars et qui a pour objet d'aider les propriétaires fonciers et les administrateurs à tenir compte de la gestion de l'habitat dans leurs activités, réunit des représentants des gouvernements, des chasseurs, des agriculteurs et des groupes de conservation. De nombreux autres partenariats locaux mettent sur pied des industries de l'environnement, parrainent des projets environnementaux communautaires ou s'occupent de sauvegarder les ressources. Ainsi, des entreprises de la région de Port Hope et de Cobourg, en Ontario, économisent de l'argent et de l'énergie en coordonnant leurs besoins de transport jusqu'à Toronto. Dans d'autres collectivités, des groupes environnementaux locaux ont collaboré avec les sociétés de gestion des déchets et les gouvernements pour mettre en œuvre des programmes de recyclage ou orchestrer des opérations de nettoyage. Ces partenariats traduisent un changement d'attitude à l'égard de l'environnement.

La modification du processus décisionnel des sociétés

Face aux appels de plus en plus pressants du public en faveur d'une plus grande responsabilité écologique, de nombreuses industries se sont attachées à améliorer leur performance environnementale. Des associations d'entreprises ont adopté des codes de pratiques et des énoncés de principes pour inciter et aider leurs membres à respecter leurs obligations environnementales. Certaines sociétés ont modifié leurs procédés et leur équipement pour atténuer l'impact de leurs opérations sur l'environnement, générant parfois de la sorte des avantages économiques supplémentaires pour elles-mêmes et pour d'autres sociétés. Dans de nombreux cas, le recyclage s'est soldé par une baisse des coûts. Grâce à une évaluation créative de ses déchets, un torréfacteur ontarien a pu réduire son volume total de déchets, diminuer ses coûts d'élimination et tirer des profits supplémentaires de la vente de sous-produits comme aliments pour le bétail. Cette même firme a remis à des municipalités locales les sacs utilisés pour le transport du café vert de sorte qu'elles puissent s'en servir pour protéger les arbustes en hiver. Le système de gestion intégrale adopté par une grande société chimique représente une autre initiative louable; la société récupère tous les produits qu'elle vend aux consommateurs et les recycle. Comme bien d'autres, elle a compris qu'il lui fallait assumer l'entière responsabilité de l'impact de ses produits et de ses activités pour s'assurer un avenir économiquement viable.

Les gestionnaires procèdent également à des évaluations environnementales pour améliorer leur performance dans le domaine. Certaines entreprises publient même des rapports à ce sujet. Par exemple, les rapports des sociétés Dow et Noranda soulignent non seulement les initiatives positives et les réalisations, mais ils cernent aussi les secteurs problèmes et les mesures correctives à appliquer. Toutefois, les rapports intégrés sur l'état de l'environnement sont une initiative récente et ils ne sont pas encore généralisés.

Le secteur des services est, lui aussi, plus sensible à l'environnement. La plupart des grandes institutions bancaires canadiennes ont leur code de pratiques environnementales ou sont en train de l'élaborer. Une institution a incorporé les risques environnementaux dans ses procédures d'examen des prêts, et certains fonds d'investissement misent sur des placements qui sont viables sur le plan environnemental. En offrant des produits écologiques, certains supermarchés sensibilisent les consommateurs tout en augmentant leur part du marché. En outre, des normes d'acceptabilité environnementale des produits aident les consommateurs à faire leur choix. Le succès initial remporté par ces produits montre que ce qui est bon pour l'environnement peut l'être aussi pour les entreprises.

L'atténuation de notre impact sur l'environnement

Le chemin vers un avenir durable du point de vue de l'environnement est fait d'une foule de petits pas. Avec l'information et les connaissances voulues, chacun peut faire quelque chose pour l'environnement à titre individuel et en tant que travailleur, gestionnaire, consommateur et citoyen. Environnement Canada (1990) a diffusé un document contenant des centaines de conseils pour protéger l'environnement, et de nombreux autres guides verts ont été publiés par des sociétés commerciales ou par des organismes non gouvernementaux et des collectivités. De plus, des programmes comme Choix environnemental aident les consommateurs à reconnaître les produits moins nocifs pour l'environnement, tandis que certaines initiatives comme les Partenaires de l'environnement aident financièrement les projets communautaires axés sur l'assainissement et la préservation de l'environnement local. Les rapports sur l'état de l'environnement jouent également un rôle clé en tenant la société informée des progrès accomplis dans la poursuite du développement durable.

Des sondages révèlent toute l'importance que les Canadiens accordent à la qualité de l'environnement. Dans tous les médias, les questions écologiques font l'objet de discussions exhaustives qui, si elles ne permettent pas en elles-mêmes d'assainir l'environnement, sensibilisent l'opinion publique et ouvrent la voie à l'application de mesures correctives.

Une enquête récente menée par Statistique Canada indique dans quelle mesure les Canadiens ont déjà adopté un comportement respectueux de l'environnement. Près du tiers des Canadiens ont installé des pommes de douche à débit réduit; un tiers ont dit préférer et acheter des produits de papier recyclé. En outre, 23 % des Canadiens qui ont une cour ou un jardin indiquent qu'ils compostent leurs déchets organiques, et 52 % n'utilisent pas de pesticides. Le succès des journées de l'environnement, des projets de nettoyage des rives et de plantation d'arbres et le compostage domestique sont autant de preuves qu'un nombre croissant de Canadiens sont prêts à faire leur part pour assainir leur milieu. Toutefois, ces résultats encourageants et impressionnants sont en quelque sorte neutralisés par le fait que les Canadiens comptent encore parmi les plus gros consommateurs mondiaux d'énergie et de matières premières et parmi les principaux producteurs de déchets. Le Canada est sur la bonne voie, mais il lui reste encore beaucoup de travail à faire avant de s'engager pleinement et résolument sur la voie du développement durable.

L'INFORMATION SUR L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT : UN BILAN

L'évaluation de l'état de l'environnement

Comment mesurer quelque chose d'aussi vaste et diversifié que l'environnement? Ce n'est pas chose facile. Le nombre d'éléments dans un écosystème même simple est si élevé et leurs interactions sont si complexes qu'il est impossible de les décrire chacun en détail. Dans un pays aussi vaste que le Canada, le problème est compliqué du fait de l'immensité du territoire.

Dans le présent rapport, on a cherché à mettre l'accent sur les tendances et les indicateurs qui reflètent les principales agressions subies par l'environnement au Canada, et à déterminer de quelle manière les Canadiens réagissent à ces agressions. Toutefois, il a été difficile d'atteindre même ce modeste objectif en raison des problèmes de mesure, du caractère limité des données et des lacunes dans notre compréhension de certains processus essentiels.

Dans presque tous les cas, les auteurs ont éprouvé des difficultés à obtenir des informations de base. Comme la surveillance nationale des grandes agressions environnementales n'a pas été très étendue, les données qui permettraient d'évaluer objectivement l'état global de l'environnement au Canada font défaut. Une grande partie des données a été recueillie par les chercheurs, les industries ou les gouvernements pour leurs propres besoins. Par conséquent, le type d'information ainsi que les définitions et les normes qui sous-tendent cette information peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre, tout comme la couverture géographique. Même le recensement quinquennal, qui fournit certaines indications sur le niveau de l'activité économique et industrielle, renferme peu d'informations sur les effets environnementaux. Par conséquent, il est difficile et habituellement impossible de faire des comparaisons nationales ou interrégionales.

Dans certains cas, l'information était exceptionnelle, ayant été basée sur une région particulière ou tirée d'une étude unique. Dans d'autres, on a pu évaluer l'apport direct de polluants tels que les dioxines dans les effluents des usines de pâtes, mais non les impacts sur les écosystèmes si ce n'est par des indicateurs choisis, comme la présence de ces substances chez les poissons et d'autres formes animales. Souvent, les estimations des effets actuels ou futurs des perturbations environnementales reposent sur les résultats de quelques tests, sur l'extrapolation des résultats d'un nombre limité de tests effectués en laboratoire, ou encore sur des projections faites à partir de modèles de systèmes complexes dont le fonctionnement n'est que partiellement compris. De plus, les liens entre les tendances des utilisations humaines et des changements environnementaux observés sont mal connus, en particulier lorsque les effets sont cumulatifs.

En raison de leur spécificité, les informations recueillies au cours des études de cas régionales — p. ex., celles du Fraser et des Grands Lacs — semblaient permettre une meilleure évaluation de l'état actuel de l'environnement et des changements dans les indicateurs clés de la qualité du milieu. En fait, l'existence d'ensembles adéquats de données a joué dans le choix des régions visées par les études de cas. Les chapitres pertinents font ressortir les liens entre certaines tendances et donnent ainsi une meilleure idée de la santé des écosystèmes dans ces régions. Toutefois, même pour ces régions, nombre de mesures importantes de la santé de l'environnement n'ont pu être obtenues en raison du manque d'information.

Outre la difficulté de recueillir des renseignements fiables et détaillés à travers le pays, les chercheurs ont dû déterminer jusqu'où les données remontaient dans le temps. Pour dégager une tendance, il faut pouvoir disposer de statistiques compilées sur une longue période afin d'établir des comparaisons avec les variations courantes. Bien souvent, les statistiques couvrent une période beaucoup trop courte pour assurer la fiabilité de ce procédé, car les phénomènes que nous voulons mesurer — ou les techniques pour les mesurer — n'ont été découverts que récemment. Dans certains cas, nous n'avons peut-être que pris conscience de la portée des phénomènes eux-mêmes. Pour suivre les tendances de la concentration de microcontaminants comme les dioxines, il faut pouvoir mesurer les concentrations de ces substances en

parties par milliard ou en parties par billion. Or, ce n'est que depuis le début des années 1980 que nous disposons des techniques voulues. Dans ces cas, nous pouvons déterminer l'état actuel d'un phénomène et le comparer à certaines normes, mais nous ne pouvons déterminer directement si la situation s'améliore ou se détériore.

La création d'une meilleure base de données pour l'avenir

Même si l'information dont nous disposons est en grande partie limitée, elle ne montre pas moins clairement la nécessité d'agir dans de nombreux domaines. Mais, ce faisant, nous devons continuer à mettre en place des mécanismes clés qui nous permettront de comprendre les changements qui s'opèrent dans l'environnement, l'impact de nos activités et les effets de nos mesures correctives. Nous devrons recueillir des données fiables à l'échelle nationale sur les indicateurs clés de la qualité de l'air, de l'eau et du sol, sur certains contaminants, sur les processus de dégradation (p. ex., l'érosion) et sur les réserves de ressources naturelles et leur utilisation. Pour être utile, cette information devra être à jour et permettre de mieux cerner les problèmes environnementaux et de mieux comprendre les effets des mesures de gestion. Au fur et à mesure qu'elle deviendra accessible, nous serons beaucoup plus en mesure de résoudre les problèmes existants, de prévoir et de prévenir les problèmes futurs et, en général, de prendre des décisions qui tiennent compte de la dimension écologique. Le tableau 27.3 passe en revue l'information environnementale existante (en fonction des problèmes et des préoccupations sectorielles), en indiquant aussi bien les données clés que nous possédons que les lacunes importantes. Le tableau 27.4 résume les grandes catégories d'information requises pour réagir aux changements qui surviennent dans l'environnement. En comparant ces besoins et les données existantes, on peut se rendre compte des grands défis qu'il reste à relever.

Comme il ressort clairement du tableau 27.3 et de l'ensemble du présent rapport, les Canadiens ont besoin de renseignements plus complets pour mieux comprendre l'état de l'environnement dans leur pays et les changements qui s'y produisent; ils pourront ainsi réagir plus efficacement aux problèmes — et, espérons-le, les prévoir et les prévenir — et appuyer un processus décisionnel responsable du point de vue environnemental.

L'acquisition de meilleures données ne représente toutefois qu'une partie de la tâche. Nous devons également avoir une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes ainsi que des effets des activités humaines sur ces derniers. De quel genre d'habitat a besoin telle ou telle espèce, quelles doivent en être les caractéristiques et dans quelle mesure l'habitat peut-il absorber les impacts de certaines activités humaines? Comment la disparition d'une espèce influe-t-elle sur la durabilité de l'écosystème? Dans quelle mesure les différents systèmes sont-ils sensibles aux changements? Ces systèmes réagissent-ils progressivement ou radicalement, une fois qu'un seuil critique est franchi? En fait, quels sont les indicateurs clés de la santé d'un écosystème?

Nous devons également en savoir davantage sur la réaction d'un écosystème aux changements dus au réchauffement de la planète, à la pollution et aux pressions exercées par la croissance de nos activités de consommation. Des questions semblables se posent au sujet du fonctionnement de la chaîne alimentaire et de l'impact probable des différentes demandes humaines sur la productivité de chacun des biens, services et processus qui dépendent de l'environnement. Quels sont les effets cumulatifs de l'activité humaine? Ce n'est que lorsque ces relations auront été bien comprises que nous pourrons déterminer nos besoins d'information les plus urgents et évaluer la permanence des tendances.

Les indicateurs

Tout comme le pouls ou la température donnent des renseignements précieux sur la santé d'un patient, certains facteurs critiques peuvent constituer des indices importants de la santé de l'environnement. Ces facteurs sont connus sous le nom d'indicateurs environnementaux. Essentiellement, ils reflètent l'état de certains aspects clés de la qualité de l'environnement (p. ex., les BPC dans les œufs des oiseaux de mer), des ressources naturelles (p. ex., le rapport entre le taux de régénération des forêts et le taux de récolte) et les activités humaines connexes (p. ex., le volume de déchets produits par habitant). Comme ils montrent l'évolution de ces facteurs au fil du temps, ces indicateurs nous permettent de déterminer plus facilement à quel point l'environnement réagit aux agressions et aux mesures correctives. Au bout du compte, ils nous aident à mesurer les progrès dans la réalisation de nos objectifs environnementaux.

En 1990, le Canada a créé un groupe de travail chargé d'établir un ensemble national d'indicateurs environnementaux. Après avoir examiné plusieurs centaines d'indicateurs possibles, le groupe a publié une liste préliminaire en 1991 (Groupe de travail sur les indicateurs, 1991). Celle-ci comprend diverses mesures des causes des changements environnementaux, de même que les symptômes et les conséquences de ces changements. Les indicateurs constituent le point de départ de la surveillance systématique des changements de l'état de l'environnement au Canada. Le défi consiste maintenant à mettre au point, pour les besoins de l'analyse environnementale, un ensemble de mesures aussi pertinentes que celles utilisées à des fins d'analyse économique. Un autre défi consistera à présenter cette information, dont une partie est très technique, de manière à faciliter son utilisation par les particuliers, les entreprises et les gouvernements dans leurs décisions quotidiennes.

La surveillance intégrée

Un important programme de surveillance intégrée, issu du Plan vert du Canada, devrait contribuer à combler plusieurs lacunes en matière d'information. Des partenaires de tous

TABLEAU 27.3

Données existantes aux fins des rapports sur l'état de l'environnement

Chapitre	Points forts	Lacunes
2. Atmosphère	• Surveillance des contaminants courants (matières solides en suspension, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, ozone de la basse troposphère et plomb) dans un grand nombre de villes depuis les années 1960 • Nombreuses données météorologiques pour les régions peuplées (plus de 500 stations météorologiques dont un grand nombre sont en exploitation depuis longtemps) • Participation du Canada à la surveillance mondiale des gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane) • Surveillance des principaux ions et de l'acidité des précipitations à plus de 20 endroits	• Surveillance insuffisante des substances toxiques (p. ex., certains composés organiques volatils) • Absence comparative de données sur de nombreux paramètres de régions éloignées, comme les régions arctiques et montagneuses
3. Eaux douces	• Réseau national de surveillance quantitative des eaux (p. ex., débit) • Réseau national d'évaluation des installations urbaines d'épuration des eaux et de traitement des effluents	• Aucun réseau national de surveillance qualitative • Aucune base de données nationale sur la fermeture des plages • Surveillance de quelques contaminants seulement à des endroits particuliers, souvent par le biais d'espèces fauniques
4. Océans	• Prises commerciales de poissons et effort de pêche • Fermetures de zones coquillières dans la plupart des régions • Contaminants dans les oeufs d'oiseaux de mer • Eaux usées urbaines et effluents des usines de pâtes et papiers	• Plus d'information sur les substances toxiques et leurs effets sur le poisson et son habitat; concentrations des contaminants et état des principaux stocks de poisson (pêche sportive et pêche de subsistance), fermeture de zones coquillière au Québec • Tendances des rejets de contaminants et qualité de l'eau dans le Nord • Pêche aux filets dérivants, rejets en mer
5. Terres	• Potentiel des terres évalué par le biais de l'Inventaire des terres du Canada pour l'agriculture, la foresterie, les loisirs et la faune dans la partie peuplée du Canada (vers 1965–1975) • Données sur les risques (érosion éolienne et hydrique, etc.) dans certaines régions • Données géologiques et pédologiques pour les régions peuplées du Canada (certaines mises à jour sont requises) • Cartes d'utilisation des terres du Nord : Arctique (vers 1970–1983)	• Aucune collecte systématique, à l'échelle nationale, de données sur l'utilisation des terres, les changements dans l'utilisation des terres, la dégradation des sols et l'utilisation des terres en milieu urbain • Données sur les changements dans l'utilisation des terres aux environs des grandes villes recueillies de 1966 à 1986 seulement
6. Faune et flore	• Données sur les espèces d'importance économique ou récréative (effectifs, aire de répartition, habitat) • Rapports exhaustifs sur le statut des espèces en péril (en danger de disparition, menacées, vulnérables) portant notamment sur la taille des populations, l'aire de répartition et les besoins en matière d'habitat	• Données difficilement accessibles sur les tendances de la plupart des espèces • Données inexistantes ou limitées sur les végétaux inférieurs, les invertébrés ou les micro-organismes
7. Aires protégées	• Inventaire national des principales aires protégées, par province et territoire, aires protégées dans le cadre de programmes internationaux • Classification nationale des zones écologiques nécessitant la création d'aires protégées et de parcs nationaux représentatifs	• Absence de programmes nationaux uniformes de surveillance ou de collecte de données sur les tendances de la qualité environnementale dans les aires protégées, problèmes de définition • Données incomplètes sur les régions protégées partiellement par les règlements relatifs au zonage, aux aires de loisirs, à la chasse
8. Pêches	• Données sur les tendances des stocks de poissons, des prises, de l'effort de pêche, de la capacité des flottes de pêche • Données sur la fermeture des zones coquillières dans la plupart des régions • Modèles, estimations des stocks de poissons • Réseau d'information sur les eaux intérieures, côtières et océaniques • Typologie des écosystèmes marins	• Historiquement, estimations des stocks inexactes à des fins de gestion • Estimation générale de la destruction de l'habitat du poisson par l'acidification • Niveaux de toxicité chez le poisson disponibles pour certains endroits et certaines espèces seulement
9. Agriculture	• Données sur les tendances nationales et locales (exploitations agricoles, superficie et utilisation des terres agricoles, cultures, élevage, intrants tels la machinerie, les engrais et les pesticides, méthodes de gestion comme les jachères d'été, le drainage et l'irrigation) • Données sur le potentiel des terres agricoles • Données nationales sur les pertes de terres agricoles près des centres urbains (1966–1986) • Données sur la dégradation des sols (érosion éolienne et hydrique, salinisation, etc.) pour certaines régions	• Effets qualitatifs connus de nombreuses pratiques agricoles (utilisation d'engrais et de pesticides, monoculture, jachère d'été) sur l'environnement mais absence de données quantitatives sur l'étendue, la gravité, la manifestation et le rythme des changements • Absence de données nationales sur la dégradation des terres (estimations existantes basées sur des données locales) • Manque de données sur l'application et l'impact des pratiques de conservation • Manque de données sur l'impact de l'acidification, de l'ozone et du réchauffement climatique
10. Foresterie	• Données nationales, par province et territoire, sur les superficies forestières, le type forestier (essences, âge, classe, etc.), la superficie déboisée, régénérée, perdue ou endommagée par les incendies, les ravageurs, etc., le type de propriété • Économie, emploi et commerce dans le secteur forestier	• Comparaisons difficiles à établir en raison du manque d'uniformité dans les définitions et la terminologie utilisées par les provinces (p. ex., régénération réussie) • Manque de données sur les tendances des dioxines, furanes et autres substances toxiques • Manque de données et d'analyse détaillée sur les effets de la coupe des vieilles forêts, la monoculture, la régénération, etc.
11. Exploitation minière	• Statistiques minières sur les revenus gagnés, l'emploi et la production • Données sur les émissions de dioxyde de soufre • Beaucoup de données provinciales sur des sites particuliers et de recherches sur les émissions, etc.	• Absence de rapports nationaux réguliers (chronologiques) sur les superficies exploitées, le volume d'extraction, la superficie des terrils, les carrières et sites miniers abandonnés, le volume de fonte • Données sur l'utilisation globale des terres à des fins d'exploitation minière remontant à 1982
12. Énergie	• Données sur la production d'énergie par source sur un certain nombre de sites, nombre et dimensions des barrages et réservoirs • Données sur la consommation totale d'énergie, par secteur	• Absence de données sur l'utilisation des terres à des fins de production d'énergie, par province • Aucun inventaire global des mégaprojets et de leurs impacts • Données inexistantes sur l'adoption de mesures d'économie d'énergie

TABLEAU 27.3 (SUITE)

Chapitre	Points forts	Lacunes
13. Urbanisation	• Eau : données nationales sur les installations de traitement des eaux usées (1970 à aujourd'hui) • Air : Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique dans 50 localités (matières en suspension, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, monoxyde de carbone et ozone) • Transports : Association canadienne du transport urbain • Population, ménages et type de logement : recensements • Offre de logements : Société canadienne d'hypothèques et de logement • Structure industrielle : recensements • Changement de l'utilisation des terres urbaines et rurales, 1966–1986	• Absence d'une base de données nationales uniformes sur l'utilisation des terres urbaines, les espaces verts, la couverture forestière, la qualité de l'eau, la production et la gestion des déchets, les sols contaminés, la consommation d'énergie, les transports, les plans d'aménagement des terres et le zonage
14. Industries	• Données nationales sur quelques émissions et rejets réglementés et surveillés • Données régionales détaillées sur les émissions et rejets (Plan d'action Saint-Laurent, Stratégie municipale et industrielle de dépollution, Grands Lacs) • Transport interprovincial et international de déchets dangereux	• Données nationales sur les émissions disponibles pour quelques secteurs industriels seulement • Production de rapports détaillés entravée par les écarts dans les rôles des différents paliers de gouvernement • Données fiables sur la production et l'élimination des déchets
15. Arctique	• Cartes sur l'utilisation des terres du Nord : Arctique (vers 1970–1983) • Série Le Nord canadien (1985) sur les modèles généraux d'utilisation des ressources • Analyse et classification des écosystèmes	• Pour certains écosystèmes, données de base limitées sur les métaux lourds, les contaminants et les impacts sur le milieu naturel et la santé • Dans l'ensemble, données plus limitées que dans le Sud
16. Bassin inférieur du fleuve Fraser	• Données régionales sur les polluants atmosphériques, les sources ponctuelles d'effluents, les installations de traitement des eaux usées, la population, le logement, le parc automobile, l'agriculture, la foresterie, la faune et la flore et les aires protégées	• Données statistiques insuffisantes pour évaluer la qualité globale de l'eau • Données inexistantes sur la contamination des terres • Information sur les changements d'utilisation des terres urbaines et rurales non disponible après 1986
17. Prairies	• Données sur les utilisations et les pratiques agricoles, les aires protégées, la perte d'écosystèmes primitifs, les installations de traitement des eaux usées, le drainage et l'irrigation	• Absence de données complètes sur les tendance de la dégradation des terres, les espèces sauvages, les décharges, l'utilisation des terres, les milieux humides
18. Bassin des Grands Lacs	• Priorité accordée aux contaminants dans l'eau, les sédiments, le biote • Surveillance de 11 contaminants critiques dans l'eau, les sédiments, les poissons et les oiseaux de mer dans 43 secteurs de préoccupation • Données sur les stocks de poisson et les prises	• Surveillance très limitée des contaminants à la source • Peu de données sur les répercussions économiques des contaminants • Données peu nombreuses sur les contaminants dans les tissus humains; certaines études récentes, toutefois • Aucune donnée sur la fermeture des plages et d'autres impacts sur les activités récréatives
19. Saint-Laurent	• Données détaillées sur l'hydrodynamique du fleuve • Information détaillée sur les ressources naturelles d'importance économique (poissons, sauvagine)	• Absence de bons indicateurs chronologiques de l'état global de l'environnement • Manque de données sur les activités récréatives, le tourisme, la pêche sportive
20. Terres endiguées, partie amont de la baie de Fundy	• Information sur les changements dans l'utilisation des terres pour la région à l'étude	• Données systématiques limitées sur les populations fauniques et floristiques locales
21. Produits chimiques toxiques	• Surveillance des contaminants réglementés présents dans l'air, les sédiments, les effluents et les espèces indicatrices	• Données insuffisantes sur les tendances • Recherches et évaluations insuffisantes des effets généralisés à long terme des contaminants à faibles concentrations sur les écosystèmes
22. Changement climatique	• Données sur les tendances du changement climatique mondial et des gaz à effet de serre allant dans le sens de la théorie du réchauffement de la planète • Modèles complexes permettant de prévoir de façon générale les changements possibles dans les écosystèmes et les répercussions sur la foresterie, l'agriculture, la pêche, le niveau de la mer, etc.	• Modèles ne montrant pas, pour la plupart, la progression du changement climatique mais donnant une estimation du moment où cesseront les conditions existantes sur la base des changements prévus • Prévisions générales difficilement applicables à des régions ou à des secteurs économiques particuliers • Effets incertains du réchauffement de la planète sur l'évolution des précipitations
23. Ozone stratosphérique	• Mesures de l'ozone stratosphérique dans l'Arctique, l'Antarctique et les régions tempérées; relevés de courte durée • Surveillance des substances qui appauvrissent la couche d'ozone à mesure qu'elles sont réglementées • Corrélation prévue entre l'augmentation des rayons ultraviolets-B et le cancer de la peau et les cataractes (données existantes à l'appui)	• Interrogations quant aux fluctuations naturelles de l'ozone • Modèles peut-être mal étalonnés, la couche d'ozone semblant s'appauvrir plus rapidement que prévu • Effets inconnus sur les écosystèmes, mais risques probables pour la photosynthèse
24. Dépôts acides	• Émissions de dioxyde de soufre : surveillance des principales sources et concentrations de ce gaz • Données sur les tendances du dioxyde de soufre • Cartographie des zones sensibles aux dépôts acides • Concentrations cibles de dioxyde de soufre pour les ressources aquatiques • Stations de surveillance et cibles établies dans l'Est du Canada à des fins d'étalonnage	• Données de base insuffisantes sur de nombreux secteurs préoccupants (lacs, sols, abondance des espèces) • Difficulté d'isoler les effets des dépôts acides de ceux d'autres facteurs (changement climatique, infestation, aménagement) • Niveaux spécifiques de tolérance à l'acidité inconnus (p. ex., arbres, santé humaine, produits agricoles, faune et flore) • Réseau de surveillance dispersé
25. Déchets solides	• Enquête nationale en 1988; rapports sur la production de déchets par les provinces • Enquête ontarienne sur la production et la composition des déchets • Données nationales sur la gestion des déchets devant être recueillies aux fins du Protocole national sur l'emballage	• Absence de données nationales uniformes sur la production et la composition des déchets • Données variant entre le fédéral, les provinces, les municipalités et le secteur privé (définition, notions et couverture) • Aucune donnée sur les tendances • Données sur le recyclage : à court terme seulement ou applicables à des cas particuliers

TABLEAU 27.3 (SUITE)

Chapitre	Points forts	Lacunes
26. Modification de l'habitat	• Données de couverture et de qualité variables sur les activités humaines ayant des répercussions sur l'habitat (p. ex., coupe et régénération forestières, superficie et conversion des terres agricoles, modification des milieux humides, conversion des terres rurales et urbaines jusqu'en 1986) • Liste des espèces en danger de disparition, menacées et vulnérables du Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (besoins en matière d'habitat des espèces en péril)	• Aucun programme national de surveillance des tendances relatives à la superficie, à la qualité, à l'utilisation ou à la réglementation des habitats; données rares • Données limitées sur la productivité ou les seuils critiques, la capacité de charge de l'habitat pour les espèces fauniques (données sur certaines espèces en Alberta, en Colombie-britannique et en Ontario) • Aucune donnée à jour sur les changements de l'utilisation concurrentielle des terres : milieux urbains et ruraux, agriculture et foresterie
27. Développement durable	• Quelques ensembles de données nationales permettant de reconnaître les écozones et d'effectuer certaines mesures de la capacité de charge (Classification écologique du territoire, Inventaire des terres du Canada, paysages pédologiques)	• Peu de renseignements disponibles permettant une analyse ou une planification écosystémique intégrée • Graves lacunes dans la connaissance des liens entre les caractéristiques du milieu naturel et un grand nombre des biens, services et avantages qui en sont tirés

TABLEAU 27.4

Besoins de données pour les rapports sur l'état de l'environnement

Les rapports sur l'état de l'environnement supposent la surveillance des principaux descripteurs ou attributs de l'environnement et des répercussions des activités humaines sur ce dernier. Les grandes catégories d'information visées par ces rapports sont les suivantes :

Composantes de l'environnement

- Caractéristiques biologiques et physiques de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la lithosphère et de la biosphère (p. ex., climat, chimie, propriétés physiques)
- Biote (p. ex., présence, diversité, effectifs)
- Potentiel des ressources (p. ex., potentiel des terres, capacité de réalimentation en eau)

Agressions

- Concentrations des contaminants (furanes, dioxines, nitrates, dioxyde de soufre, lessivats, CFC, etc.) dans l'environnement : air, sol, eau, biote et autres milieux
- Sources des contaminants (p. ex. émissaires, industries, sources non ponctuelles, inventaire des procédés polluants)

Réactions de l'environnement aux agressions

- Changements environnementaux (p. ex., réchauffement global, dépôts acides, appauvrissement de la couche d'ozone, espèces en danger de disparition, bioamplification dans la chaîne alimentaire)
- Effets sur la santé humaine (p. ex., taux d'incidence, répartition géographique et autres liens avec l'environnement)

Activités humaines

- Utilisation des ressources naturelles (p. ex., terres, eaux)
- Consommation des ressources naturelles (p. ex., exploitation forestière, consommation de papier, capture de poissons ou d'animaux sauvages, extraction minière)
- Modèles de gestion (p. ex., intensité, monoculture, épuisement des sols)
- Agressions dues aux activités humaines (p. ex., production de déchets, urbanisation, déversements en mer, production de contaminants, sites miniers orphelins)

Mesures de gestion

- Évaluation des activités (p. ex., aires protégées, remise en état des sites, recyclage, traitement des eaux usées, plantation d'arbres, secteurs soumis à une planification et à une surveillance environnementales)
- Consommation d'énergie et rendement énergétique (p. ex., efficacité des appareils ménagers, changement dans le mélange des ressources renouvelables et non renouvelables, utilisation des transports en commun, consommation d'énergie dans la production de biens et de services clés)
- Mesures gouvernementales (p. ex., réglementation, imposition, subventions liées aux objectifs environnementaux, processus d'examen environnemental, élaboration de stratégies de conservation, activités internationales)

les paliers gouvernementaux et du secteur privé assureront une surveillance détaillée de divers sites. Grâce à la collecte nationale de données fiables sur les aspects biologiques, physiques, sociaux, économiques et autres de l'environnement, nous pourrons mieux comprendre les changements qui se produisent dans un écosystème. La surveillance intégrée peut également fournir un meilleur cadre pour l'évaluation des effets des activités humaines et de l'efficacité des mesures de gestion.

La comptabilité environnementale

Une autre initiative, la comptabilité environnementale, vise à valoriser les considérations environnementales et à leur accorder une importance au moins égale à celle des facteurs économiques dans le processus décisionnel. Les indicateurs économiques habituels, tels que le produit national brut ou le taux d'emploi, ne tiennent généralement pas compte de l'état des ressources environnementales sur lesquelles est basée l'économie. Par exemple, les statistiques sur l'emploi en tant que mesure du bien-être économique ne s'attachent pas à déterminer si les emplois en cause reposent sur la création d'une base de ressources plus forte ou sur des gains à court terme associés à l'exploitation ou à la dégradation de l'environnement. Avec les méthodes actuelles de comptabilité nationale, qui reflètent principalement le taux de consommation, il est impossible de dire si la consommation représente une utilisation durable des ressources ou si elle se fait au détriment du capital-nature actuel ou futur. Axée sur une information rationnelle concernant

l'état du stock de ressources du Canada, la comptabilité environnementale a pour but de rectifier cette lacune en intégrant les coûts et avantages environnementaux dans les mesures du rendement économique. Certaines valeurs, telles que l'épuisement des forêts ou la dégradation des sols, sont facilement chiffrables en dollars. D'autres, comme la diversité biologique, le tamponnage des substances toxiques et les apports au réchauffement de la planète, seront plus difficiles à quantifier. Il reste beaucoup de travail à faire pour affiner ces mesures, mais il faut espérer que ce type de comptabilité saura harmoniser davantage les considérations environnementales et les processus décisionnels.

Vers un meilleur processus décisionnel en matière d'environnement

L'information est essentielle à la prise de décisions respectueuses de l'environnement. C'est particulièrement vrai de nos jours, étant donné que nous tentons de réparer les erreurs du passé et d'adopter une attitude plus responsable. Les rapports sur l'état de l'environnement joueront un rôle important dans la sensibilisation des décideurs. Le présent document s'inscrit dans ce processus. Il en est de même du nombre croissant de rapports sur certaines préoccupations sectorielles telles que la foresterie (Forêts Canada, 1991) ou sur des problèmes abordés dans une perspective provinciale ou locale. Les rapports sur l'environnement produits par les sociétés sont une autre initiative positive qui permettra de cerner les problèmes et de planifier des mesures préventives ou correctives. Disposant d'informations plus nombreuses et de meilleure qualité sur l'état de l'environnement, les Canadiens seront davantage en mesure de s'attaquer aux problèmes environnementaux à tous les niveaux.

Il y a 27 millions de décideurs environnementaux au Canada, et il y en a près de 6 milliards à travers le monde. Au bout du compte, la qualité de l'environnement dépendra de la qualité des décisions de chacun. Le présent rapport renferme de nombreux exemples positifs de changements d'attitude à l'égard de l'environnement; pourtant, nos actions ou notre inaction menacent encore la pérennité de l'environnement dans un grand nombre de domaines. Il est en outre évident que nous commençons à peine à comprendre toute l'ampleur de nos impacts sur l'environnement et de ses impacts sur nous. À l'évidence, dans le cas présent, ce que nous ignorons peut *effectivement* nous faire du tort. Une information environnementale de meilleure qualité est primordiale à la pérennité du milieu naturel.

LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

Avec la deuxième masse terrestre en importance dans le monde, le Canada est le fiduciaire d'une part importante de l'environnement mondial. Notre pays possède le quart des milieux humides et des ressources d'eau douce de la planète, de vastes écosystèmes arctiques et boréaux et le plus long littoral du monde. Ce que nous faisons des ressources peut avoir des répercussions aux quatre coins du globe. Par exemple, les forêts boréales du Canada sont l'un des puits de carbone les plus importants du monde et contribuent à atténuer les effets des émissions croissantes de dioxyde de carbone d'origine anthropique. Leur épuisement pourrait influer non seulement sur le climat du pays, mais sur celui du monde entier. Notre gestion des ressources mondiales doit être un gage d'avenir pour l'humanité et pour tous les organismes vivants de la planète. La qualité de cette gestion est vitale pour les ressources écologiques mondiales.

À maints égards, nous protégeons mieux l'environnement qu'il y a 20 ou 30 ans. Nous avons élaboré de nouvelles méthodes de gestion de l'environnement et nous avons remplacé certaines des techniques les plus polluantes ou réglementé leur utilisation. Nous nous sommes attaqués à bon nombre des problèmes les plus visibles, tels que les points chauds et les substances toxiques. Mais le style de vie des Canadiens reste marqué par une forte consommation et une grande production de déchets. Malgré la mise en place de nouveaux mécanismes comme les tables rondes sur l'environnement et l'économie, l'élaboration de stratégies de conservation et l'adoption de codes de pratiques environnementales par l'industrie et les gouvernements, la plupart des Canadiens n'accordent pas la priorité aux considérations environnementales dans leurs décisions et leurs activités. En outre, nous n'avons pas encore adopté de mécanismes pour venir à bout de problèmes mondiaux tels que le changement climatique, le déboisement et la désertification.

L'environnement du Canada est-il aussi sain qu'il y a une génération? Oui et non. En fait, l'environnement que nous léguerons à la prochaine génération sera à maints égards plus sain que celui dont nous avons hérité. Mais nous n'avons pas encore complètement réglé nombre de problèmes écologiques de longue date et nous en avons découvert beaucoup d'autres. Dans l'ensemble, le Canada ne s'est pas encore engagé résolument dans la voie du développement durable.

OUVRAGES CITÉS

Association canadienne des fabricants de produits chimiques. 1990. *Gestion responsable : un engagement total.* Ottawa.

Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. 1989. *L'industrie canadienne des pâtes et papiers : Énoncé sur l'environnement.* Montréal (Québec).

Association minière du Canada. 1990. *Guide de pratique environnementale.* Ottawa.

Association pétrolière du Canada. 1989. *Environmental code of practice.* Calgary (Alberta).

Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture. 1990. *Partenaires dans la croissance : rapport aux ministres de l'Agriculture.* Agriculture Canada, Ottawa.

Commission mixte internationale. 1990. *Rapport de 1990 sur la qualité de l'eau des Grands Lacs.* Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, Commission mixte internationale, Windsor.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. 1988. *Notre avenir à tous.* Les Éditions du Fleuve et Les Publications du Québec, Montréal (Québec).

Conseil canadien des ministres des Forêts. 1987. *Une stratégie nationale pour le secteur forestier canadien.* Saint-Jean (Nouveau-Brunswick).

Environnement Canada. 1990. *Ce que nous pouvons faire pour l'environnement.* Ottawa.

Forêts Canada. 1990. *Vers un développement forestier durable : principes pour les nouveaux programmes fédéraux-provinciaux.* Ottawa.

Forêts Canada. 1991. *L'état des forêts au Canada : rapport au Parlement 1990.* Ottawa.

Gouvernement du Canada. 1988. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement.* Lois du Canada, 35-36-37 Élisabeth II, chapitre 22.

Gouvernement du Canada. 1990. *Le Plan vert du Canada pour un environnement sain.* Disponible auprès d'Environnement Canada, Ottawa.

Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie. 1987. *Rapport du Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie.* Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, Downsview (Ontario).

Groupe de travail sur les indicateurs. 1991. *Le point sur l'établissement d'un ensemble national d'indicateurs environnementaux au Canada.* Rapport EDE nº 91-1. Groupe de travail sur les indicateurs, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

MacNeill, J., P. Winesmius et T. Yakushiji. 1990. *Beyond interdependence: the meshing of the world's economy and the earth's ecology.* Oxford University Press, Oxford.

Manning, E.W., B. Rizzo et E. Wiken. 1990. « Conservation strategies, sustainable development and climate change. » Pages 229–310 dans : Wall, G., et M. Sanderson (réd.). *Climate change, implications for water and ecological resources — Proceedings of an international symposium/workshop.* Département de géographie, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources. 1980. *Stratégie mondiale de la conservation.* Gland, Suisse.

Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich, A.H. Ehrlich et P.A. Matson. « Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. » *BioScience,* 36(6) : 368–373.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Clark, W.C., et R.E. Munn. 1986. *Sustainable development of the biosphere.* Institut international pour l'analyse fonctionnelle appliquée, Laxenburg, Autriche.

Costanza, R., et H. Daly. 1990. *National capital and sustainable development.* Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale, Ottawa.

Daly, H., et J. Cobb. 1989. *For the common good: redirecting the economy toward community, the environment and a sustainable future.* Oxford University Press, Toronto.

Davidson, A., et M. Dence (réd.). 1988. *The Brundtland challenge and the cost of inaction.* Société royale du Canada et Institut de recherches politiques, Halifax (Nouvelle-Écosse).

DeGroot, R.S. 1987. « Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. » *The Environmentalist,* 7(2) : 105–109.

Environnement Canada. 1984. *Développement soutenu : présentation à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada.* Ottawa.

Jacobs, P., et D.A. Munro. 1987. *Conservation with equity: strategies for sustainable development.* Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, Cambridge, Royaume-Uni.

Manning, E.W. 1990. « Conservation strategies: providing the vision for sustainable development. » *Alternatives,* 16(4) : 24–29.

Mungall, C., et D.J. McLaren (réd.). 1990. *La Terre en péril : métamorphose d'une planète.* Publié pour la Société royale du Canada par Les Presses de l'Université d'Ottawa, Ottawa.

Rees, W.E. 1990. « The ecology of sustainable development. » *The Ecologist,* 20(1) : 18–23.

REMERCIEMENTS

Ce chapitre a été rédigé par Edward W. Manning et Wayne K. Bond, Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada (Ottawa).

Ed Wiken, Rapport sur l'état de l'environnement, a été le principal artisan de la préparation initiale du chapitre. Jim Moyes, également du Rapport sur l'état de l'environnement, a apporté son concours dans la compilation des documents récapitulatifs. Les auteurs tiennent aussi à souligner l'aide considérable et l'étroite collaboration de tous les coordonnateurs des chapitres du rapport dans le regroupement des éléments clés à inclure dans ce dernier chapitre. Ils remercient également Jim Collinson et Leslie Whitby pour leur orientation et leurs conseils.

Les personnes suivantes ont assuré à l'externe une révision du manuscrit et ont apporté de nombreuses suggestions constructives qui transparaissent dans le texte : François Bregha, Resource Futures International (Ottawa), Colin Isaacs, Contemporary Information Analysis (Stoney Creek, Ontario), et Michael Keating, rédacteur et expert-conseil en environnement (Toronto). Les auteurs tiennent à les remercier pour leurs révisions approfondies et leurs suggestions.

Edward W. Manning, Rapport sur l'état de l'environnement, a assuré la coordination du chapitre.

La version finale de ce chapitre a été rédigée par David Francis, avec la collaboration de Judy Lord.

Adjuvant de forage : Substance chimique utilisée lors des opérations de forage pour en accroître l'efficacité.

Âge de rotation : Dans le cas d'un peuplement aménagé, intervalle de temps entre deux coupes; dans le cas d'une suite de coupes, période pendant laquelle toutes les surfaces désignées dans cette suite doivent être parcourues en coupe dans l'ordre prescrit (Métro et collab., 1975).

Agent antisalissure : Substance chimique incorporée dans des peintures et des enduits pour combattre la moisissure et la prolifération de crustacés tels que les bernacles sur la coque des navires.

Agent tensioactif : Substance qui, ajoutée à un liquide, modifie les propriétés physiques de la surface de ce liquide en accroissant, par exemple, son pouvoir mouillant ou en facilitant la préparation de ses émulsions (Métro et collab., 1975).

Altération : Désagrégation, transformation et décomposition physiques et chimiques des roches et des matériaux minéraux à la surface ou près de la surface de la Terre, provoquées par les agents atmosphériques (Agriculture Canada, 1976).

Anadrome : Désigne des espèces de poissons telles que le saumon, qui migrent de la mer vers les eaux douces pour se reproduire (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Anhydre : Qualifie un bois qui a été séché jusqu'à ce que son poids reste constant dans une étuve aérée, à une température supérieure à celle du point d'ébullition de l'eau, généralement à 103± 2°C (Métro et collab., 1975).

Anoxie : Absence d'oxygène nécessaire au maintien de la plupart des formes de vie. Dans les écosystèmes aquatiques, désigne l'absence d'oxygène dissous dans l'eau (Environnement Canada et collab., 1988).

Aridoculture (ou **culture sèche**) : Pratique de l'agriculture dans les régions à faibles précipitations et sans irrigation (Agriculture Canada, 1976). Ensemble de techniques qui permettent de mener à bien certaines cultures en milieu aride (Parent, 1990).

Avalaison : Descente des poissons d'amont vers l'aval au cours de leurs migrations (Parent, 1990).

Azote ammoniacal : Azote sous forme d'ammoniac. Voir aussi *fixation de l'azote*.

Balance des invisibles : Terme comptable utilisé par opposition à la balance des marchandises (visibles, matériels) dans la balance des paiements d'un pays. Dans ce contexte, elle inclut les déplacements, les frais de transport, les intérêts et les dividendes ainsi que les services.

Benthique : Qui concerne le fond des eaux ou qui vit sur le fond des eaux ou dans son voisinage immédiat (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Voir aussi *benthos*.

Benthos : Ensemble des organismes végétaux et animaux dont l'habitat est le fond d'une mer, d'un lac ou d'un cours d'eau (Soil Conservation Society of America, 1982).

Bilan massique : Voir *équilibre massique*.

Bioaccumulation : Terme général décrivant un processus par lequel des substances chimiques sont ingérées et accumulées par des organismes, soit directement en provenance de l'environnement, soit par la consommation d'aliments contenant ces substances chimiques (Gouvernement du Canada, 1991). Voir aussi *bioamplification*.

Bioamplification : Augmentation cumulative de la teneur d'une substance rémanente au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire (Environnement Canada et collab., 1988). Voir aussi *bioaccumulation*.

Biocénose : Ensemble des êtres vivants d'un milieu biologique donné, suffisamment homogène et bien défini (d'après Métro et collab., 1975).

Biodégradable : Se dit des produits susceptibles d'être décomposés par des micro-organismes en composés inorganiques (Arms, 1990).

Biodiversité : Voir *diversité biologique*.

Bio-indicateur : Voir *indicateur biologique*.

Biomasse : Telle qu'elle est mesurée par les écologistes, désigne le poids sec de la totalité de la matière organique présente dans l'*écosystème*. Dans le domaine énergétique, toute forme de matière organique (provenant des plantes et des animaux) à partir de laquelle on peut obtenir de l'énergie par combustion ou par bioconversion (p.ex., fermentation) (Wells et Rolston, 1991).

[1] La source de certaines définitions est indiquée entre parenthèses à l'intérieur ou à la fin de la définition; les termes en *italique* dans les définitions sont des descripteurs dont la définition est donnée dans le glossaire.

Biomasse forestière : Masse totale, à un moment donné, des organismes vivants à l'unité de surface, soit qu'ils appartiennent à une ou quelques espèces (biomasse spécifique), soit qu'il s'agisse de toutes les espèces participant à la communauté (biomasse collective) (Métro et collab., 1975).

Biosphère : Ensemble des portions de la planète où l'on trouve des organismes vivants; englobe les eaux océaniques et une partie de l'atmosphère (Arms, 1990).

Biote : Ensemble des plantes, des micro-organismes et des animaux d'une zone ou d'une région donnée (Wells et Rolston, 1991).

Biozone : Le Canada est divisé en sept biozones (voir la page 6–12 du présent rapport). Trois d'entre elles correspondent à des *écozones* terrestres, trois autres sont constituées d'un ensemble d'écozones semblables et la septième englobe les eaux marines du Canada (voir le tableau 6.2).

BPC (biphényles polychlorés) : Groupe de 209 isomères qui diffèrent l'un de l'autre par le nombre et la position relative des atomes de chlore sur la structure moléculaire du biphényle. Un petit nombre d'isomères possèdent des propriétés toxicologiques similaires à celles de la *TCDD* et seraient la cause majeure de la toxicité induite par les BPC chez les animaux. Les BPC sont en usage depuis 1929 et leur faible inflammabilité a entraîné leur utilisation comme agents ignifuges dans des fluides diélectriques et caloporteurs pour les transformateurs électriques et condensateurs de puissance. Cette même propriété a permis leur emploi comme huiles lubrifiantes. Ils ont également été utilisés comme plastifiants et agents imperméabilisants ainsi que dans les procédés d'encrage pour la production de papier autocopiant. Les producteurs industriels de BPC ont volontairement réduit la production de BPC en 1972. Au Canada, les utilisations des BPC ont été réglementées en 1977 et l'importation de tout équipement électrique renfermant des BPC a été interdite après 1980 (Bishop et Weseloh, 1990).

Brûlage dirigé : Brûlage intentionnel de combustibles forestiers, confiné à une étendue prédéterminé et réalisé dans des conditions météorologiques prescrites (temps, humidité) à des fins de sylviculture, d'aménagement faunique, d'assainissement ou de réduction des dangers d'incendie (d'après Métro et collab., 1975).

CFC (chlorofluorocarbures) : Substances synthétiques gazeuses composées de chlore, de fluor et de carbone. Les CFC ont été utilisés comme frigorigènes, propulseurs d'aérosols et solvants de dégraissage et dans la fabrication de mousse plastique. Les CFC seraient à l'origine de l'appauvrissement de l'*ozone stratosphérique*.

Chaîne alimentaire : Ensemble ordonné d'éléments nutritifs et de transferts d'énergie dans les écosystèmes, allant des producteurs aux consommateurs (Wells et Rolston, 1991). Tout au long de la chaîne, les organismes des *niveaux trophiques* supérieurs obtiennent énergie et éléments nutritifs en consommant les organismes des niveaux trophiques inférieurs (Environnement Canada et collab., 1988).

Charge : Masse totale de contaminants dans un lac ou un cours d'eau ou à la surface du sol au cours d'une période donnée (p.ex., tonnes de phosphore par an) (d'après Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Charge d'alimentation : Matière brute servant à alimenter une machine ou utilisée dans une usine de traitement ou de transformation.

Chlorophénols : Groupe de produits chimiques toxiques obtenus par la chloration des *phénols*. Utilisés comme agents de préservation dans les peintures, les boues de forage, les solutions photographiques, les peaux et les cuirs ainsi que les textiles. Également utilisés comme herbicides et insecticides et, le plus couramment, pour la préservation du bois (Wells et Rolston, 1991). Un exemple de chlorophénol est le pentachlorophénol.

Classes du potentiel (ou des possibilités) des terres : Classes établies par l'Inventaire des terres du Canada pour évaluer le potentiel des terres pour l'agriculture, la foresterie, les loisirs de plein air, les ongulés et la sauvagine. Pour chacune de ces catégories, on a établi sept classes de potentiel, la classe 1 présentant le potentiel le plus élevé et la classe 7, le plus faible (d'après Lang et Armour, 1980).

Coefficient de transmission : Mesure de l'intensité du flux énergétique qui subsiste dans un rayon après traversée de l'épaisseur limitée d'un milieu (Villeneuve, 1974).

Coliformes : Groupe de bactéries servant d'indicateur de la qualité sanitaire de l'eau. Le groupe des coliformes totaux sert d'indicateur de pollution, car les organismes sont généralement présents en grands nombres dans les voies intestinales des humains et autres animaux à sang chaud, et la contamination de l'eau potable par ces bactéries cause des maladies comme le choléra (Wells et Rolston, 1991).

Compactage du sol : Tassement du sol dû au trafic de véhicules, en particulier celui d'un équipement lourd (Forêts Canada, 1989).

Composé organique : Substance *organique* d'origine anthropique (p.ex., DDT).

Composé organique volatil (COV) : Terme désignant les gaz et les vapeurs organiques présents dans l'air. Ces composés seraient en cause dans la formation de l'*ozone de la basse troposphère*, et certains d'entre eux seraient des polluants atmosphériques toxiques (Hilborn et Still, 1990).

Composés organochlorés (ou **composés organiques chlorés**) : Composés *organiques* contenant du chlore et, dans certains cas, de l'oxygène et d'autres éléments comme le phosphore. Comprennent bon nombre de pesticides et de produits chimiques industriels (Wells et Rolston, 1991). Exemples : *dioxines*, *furanes*, *BPC*, *DDT*, *dieldrine*, *HCB* et *HCH*.

Composés phénoliques : Composés possédant la même structure de base que le *phénol*, mais avec, en plus, des substitutions. Les composés phénoliques sont produits au cours de la cokéfaction du charbon, de la distillation du bois et du fonctionnement des usines à gaz et des raffineries de pétrole, de même que par des déchets humains et animaux et la décomposition microbiologique de la matière organique (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Contamination : Introduction de toute substance physique, chimique ou biologique étrangère dans le milieu, et dont la présence est indésirable. Ne sous-entend pas d'effet (voir aussi *pollution*). Désigne généralement l'introduction de substances d'origine anthropique (d'après Wells et Rolston, 1991).

Couche d'ozone : Voir *ozone stratosphérique*.

Coupe d'écrémage : Coupe au cours de laquelle on récolte seulement les arbres de certaines espèces, d'une certaine dimension, d'une certaine valeur, etc. (d'après Métro et collab., 1975).

Couvert : Écran formé par l'ensemble plus ou moins continu des branches et du feuillage des arbres et autres plantes ligneuses d'un peuplement végétal, notamment d'un peuplement forestier (Métro et collab. 1975).

Cultivar : Ensemble d'individus cultivés qui se singularisent par des caractères communs (morphologiques, physiologiques, chimiques et autres) intéressants pour l'agriculture, la foresterie ou l'horticulture et qui, lorsqu'ils sont reproduits (par voie sexuée ou asexuée), conservent leurs caractéristiques distinctives (Métro et collab., 1975).

Cycle des taches solaires : Variation de la taille et du nombre des taches solaires dans un cycle de 11 ans, lequel est partagé par toutes les autres formes d'activité solaire (Lapedes, 1978).

DBO : Voir *demande biochimique en oxygène*.

DDD (dichlorodiphényldichloroéthane) : Produit de décomposition du *DDT*.

DDE (dichlorodiphényldichloroéthylène) : Produit de décomposition du *DDT*. Le DDE se forme chez la plupart des animaux lorsque leur organisme tente d'éliminer le DDT. On mesure habituellement le DDE au lieu du DDT, car le DDE est le plus liposoluble des produits de décomposition du DDT; ainsi, parmi tous les composés qui constituent le DDT total (DDT et ses métabolites), le DDE est le plus facile à mesurer dans les tissus adipeux des animaux ou les lipides des œufs (Bishop et Weseloh, 1990).

DDT (dichlorodiphényltrichloréthane) : Insecticide synthétique dont l'usage s'est généralisé juste après la Deuxième Guerre mondiale. En raison de la rémanence de ce *composé organochloré* et de sa tendance à la bioaccumulation, la plupart des utilisations du DDT ont été interdites en 1974. L'homologation de tous les produits de DDT a été suspendue en 1985. Toutefois, l'utilisation et la vente des stocks existants de produits de DDT ont été autorisées jusqu'au 31 décembre 1990 (Bishop et Weseloh, 1990).

Déchets dangereux : Déchets qui présentent un risque pour la santé ou l'environnement et qui exigent des techniques spéciales d'élimination pour les rendre inoffensifs ou moins dangereux (d'après le chapitre 14 du présent rapport).

Demande biochimique en oxygène (DBO) : Quantité d'oxygène dissous nécessaire à la décomposition bactérienne des déchets *organiques* dans l'eau (Environnement Canada et collab., 1988).

Demi-vie : Période au cours de laquelle une substance perd la moitié de ses caractéristiques actives (mesure utilisée en radiologie); temps nécessaire pour que la concentration d'un polluant soit réduite à la moitié de sa valeur initiale par suite de sa dégradation ou de sa décomposition naturelle (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Dépôt humide : Processus de précipitations par lequel les substances chimiques acides, notamment les acides sulfurique et nitrique dilués et les sulfates, se déposent sous forme de pluies, de neige, de brume, etc.

Dépôt acide (ou **pluie acide** et **précipitation acide**) : Désigne le dépôt de divers polluants acides ou acidogènes sur le biote ou les sols ou dans les eaux à la surface de la Terre. Les dépôts peuvent se présenter sous forme humide (pluie, brouillard, neige) ou sous forme sèche (gaz, particules de poussière) (d'après le chapitre 24 du présent rapport).

Détoxication : En assainissement des eaux, élimination des substances toxiques pouvant compromettre le fonctionnement d'une station d'épuration et susceptible de contaminer les organismes qui vivent à proximité. En biologie, élimination par l'organisme de substances nocives ou toxiques, endogènes ou exogènes (Parent, 1990).

Développement durable : Développement visant à assurer que l'utilisation actuelle des ressources et de l'environnement n'hypothèque pas les perspectives d'utilisation par les générations futures (Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie, 1987).

Dieldrine : Pesticide synthétique en usage depuis 1948 pour le traitement des sols agricoles et des semences contre les fourmis solénopsis, les vers blancs, les vers fil-de-fer, les mouches des racines et les chrysomèles des racines du maïs. Son emploi a été restreint en 1975 et, aujourd'hui, il est exclusivement réservé à la répression des termites (Bishop et Weseloh, 1990).

Dioxines et furanes : Noms usuels de deux classes de *composés organochlorés* connus sous le nom de dibenzo-p-dioxines polychlorées (PCDD) et de dibenzofuranes polychlorés (PCDF). Seuls quelques-uns des 75PCDD et des 135PCDF sont très toxiques. La dioxine la plus toxique est la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD), bien que la tolérance à ce composé varie considérablement parmi les espèces. Les dioxines et les furanes sont des sous-produits formés durant certains types de production chimique qui nécessitent l'emploi de chlore et des hautes températures, ou au cours de processus de combustion en présence d'une source de chlore. Des concentrations élevées de 2,3,7,8-TCDD dans l'environnement sont dues à des effluents provenant de la fabrication antérieure de 2,4,5-trichlorophénol, comme dans le cas de Love Canal. Des dioxines, notamment la 2,3,7,8-TCDD, peuvent également se trouver dans les particules atmosphériques provenant d'incinérateurs qui brûlent des déchets contenant des composés chlorés, et dans les gaz d'échappement des moteurs diesel. Le blanchiment au chlore de la pâte à papier kraft est une autre source de 2,3,7,8-TCDD (Bishop et Weseloh, 1990).

Disparue : Désignation officielle utilisée par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Décrit toute espèce, sous-espèce ou population géographiquement isolée de faune ou de flore autrefois indigène du Canada mais qui semble ne plus exister nulle part. Voir aussi *disparue au Canada, en danger de disparition, menacée* et *vulnérable*.

Disparue au Canada : Désignation officielle utilisée par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Décrit toute espèce, sous-espèce ou population géographiquement isolée de faune ou de flore indigène qui semble ne plus exister à l'état sauvage au Canada mais qui existe ailleurs. Voir aussi *disparue, en danger de disparition, menacée* et *vulnérable*.

Diversité biologique (ou **biodiversité**) : Comprend la variété des différentes espèces, la variabilité génétique de chaque espèce et la variété des différents écosystèmes formés par ces espèces (Conseil canadien des ministres de la faune, 1990).

Dulcicole : Relatif aux eaux douces.

Eau souterraine : Eau présente dans le sous-sol et pouvant servir à l'alimentation des puits et des sources (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Elle occupe les pores, les cavités, les fissures et autres vides dans la roche en place et les matériaux de surface meubles (d'après Whitton, 1984).

Écholocation : Mode de guidage de certains animaux (p.ex., chauve-souris, mammifères marins) qui émettent des ultrasons dans le but de localiser les obstacles (ou des proies) avec précision. Après avoir entendu les ultrasons réfléchis, l'animal déclenche les réflexes moteurs appropriés (Parent, 1990).

Écoprovince : Unité définie dans le système de classification écologique du territoire. Une écoprovince est une subdivision d'une *écozone* et comprend un certain nombre d'*écorégions* semblables.

Écorégion : Unité définie dans le système de classification écologique du territoire. Une écorégion est une subdivision d'une *écoprovince* et comprend un certain nombre d'écodistricts semblables.

Écosphère : Désigne l'écosystème planétaire qui englobe l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère en tant qu'éléments indissociables (d'après le chapitre 1 du présent rapport).

Écosystème : Association intégrée et stable de ressources vivantes et inanimées fonctionnant à l'intérieur des limites d'un milieu physique défini. Ce terme peut s'appliquer à une unité aussi vaste que l'écosphère dans son ensemble. Il s'applique plus souvent à une division plus restreinte (d'après Burnett et collab., 1989).

Écozone : Vastes unités écologiques terrestres renfermant des ensembles caractéristiques de ressources vivantes et inanimées liées par une interdépendance écologique (Wiken, 1986). Ce niveau de généralisation du système de classification écologique du territoire a été élaboré en vue de son utilisation dans le premier Rapport national sur l'état de l'environnement.[2]

Effet de serre : Réchauffement de l'atmosphère de la Terre dû à la présence dans l'atmosphère de certains gaz (p.ex., vapeur d'eau, dioxyde de carbone) qui absorbent le rayonnement émis par la Terre et retardent ainsi la perte d'énergie du système vers l'espace (d'après le chapitre 22 du présent rapport). L'effet de serre est une propriété de l'atmosphère de la Terre depuis des millions d'années. Aujourd'hui, en raison de la modification des proportions des gaz dans l'atmosphère due aux activités humaines, on estime qu'il en résulte une augmentation des températures moyennes de la planète. Cette augmentation est également appelée réchauffement par effet de serre ou réchauffement dû aux gaz à effet de serre.

Effluent : Matière liquide résiduaire qui est un sous-produit des activités humaines (p.ex., rejets industriels liquides ou eaux usées) et qui peut être rejetés dans l'environnement (d'après Wells et Rolston, 1991). Dans le domaine minier, les effluents sont des rejets d'une mine, d'une usine, d'une fonderie ou d'une raffinerie; ils contiennent de l'eau usée, des réactifs, des métaux et d'autres substances provenant de divers procédés reliés à la récupération des minéraux et des métaux à partir du minerai. L'eau d'exhaure, qui est pompée directement des mines, est souvent évacuée avec d'autres effluents. Les effluents sont généralement soumis à un traitement destiné à éliminer les métaux, les réactifs et autres substances, avant leur déversement dans un bassin de décantation. L'eau provenant de toutes les sources est souvent réutilisée de nombreuses fois dans l'usine.

[2] Bird, P.M., et D.J. Rapport. 1986. *Rapport sur l'état de l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa.

Élément nutritif : Tout élément ou composé qu'un organisme doit prélever dans son environnement parce qu'il ne peut pas le produire lui-même ou qu'il ne peut le produire à un rythme aussi rapide que celui de ses besoins (Arms, 1990). En tant que polluant, tout élément ou composé, comme le phosphore ou l'azote, qui alimente la croissance organique anormalement élevée dans les écosystèmes aquatiques (p.ex., *eutrophisation* d'un lac).

En danger de disparition : Désignation officielle utilisée le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Décrit toute espèce, sous-espèce ou population géographiquement isolée de faune ou de flore indigène et menacée de disparition imminente dans l'ensemble de son aire de répartition au Canada ou dans une portion importante de celle-ci. Voir aussi *disparue*, *disparue au Canada*, *menacée* et *vulnérable*.

Enrichissement : Procédé ayant pour objet soit d'obtenir un produit minéral souhaité sous une forme finie pour un usage immédiat par le consommateur (p.ex., charbon, amiante), soit de rendre un produit concentré plus facile à traiter par fusion ou par affinage (s'applique la plupart du temps aux minerais de métaux communs) (Marshall, 1982).

Enrichissement en éléments nutritifs : Voir *eutrophisation*.

Équilibre massique : Méthode qui évalue les sources, le transport et le devenir des contaminants introduits dans un réseau hydrique ainsi que leurs effets sur la qualité de l'eau. Dans un bilan de l'équilibre massique, les quantités des contaminants qui sont introduits dans un réseau moins les quantités stockées, transformées ou dégradées, doivent être égales aux quantités qui quittent ce réseau. Si les entrées dépassent les sorties, les polluants s'accumulent et les taux de contamination s'élèvent. Une fois que l'on a établi le bilan de l'équilibre massique pour le polluant étudié, on peut simuler les effets à long terme sur la qualité de l'eau par la modélisation mathématique et l'on peut ainsi établir les priorités quant à la recherche et aux mesures d'assainissement (Environnement Canada et collab., 1988).

Érosion du sol : Enlèvement et déplacement du sol sous l'action du vent (érosion éolienne) et de l'eau (érosion hydrique) (Lapedes, 1978).

Érosion éolienne : Voir *érosion du sol*.

Érosion hydrique : Voir *érosion du sol*.

Espèce : Ensemble d'individus qui partagent certaines caractéristiques physiques identiques et qui sont capables d'avoir une progéniture elle-même fertile (Burnett et collab., 1989).

Espèce exotique : Espèce non indigène, délibérément ou accidentellement introduite dans une région (Environnement Canada et collab., 1988).

Espèce indicatrice : Espèce qui indique la présence ou l'absence d'un facteur donné (voir *indicateur biologique*) et qui permet de surveiller ce facteur de façon régulière et de le quantifier (Martin et Coughtrey, 1982).

Eutrophe : Se dit d'un cours d'eau riche en éléments nutritifs et, par conséquent, en organismes vivants (Arms, 1990).

Eutrophisation (ou **enrichissement en éléments nutritifs**) : Processus de surfertilisation d'une masse d'eau par des éléments nutritifs entraînant une production de matière organique supérieure à la capacité d'auto-épuration de la masse d'eau (Schwarz et collab., 1976). L'eutrophisation peut se produire naturellement ou être accélérée par une augmentation de la *charge* d'éléments nutritifs de la masse d'eau due aux activités humaines (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Évaluation des impacts environnementaux : Évaluation critique des répercussions probables d'un projet, d'une activité ou d'une politique sur l'environnement, tant sur le plan positif que négatif (Gilpin, 1986).

Fixation de l'azote : Conversion de l'azote gazeux (atmosphérique) en composés tels que l'ammoniac. Dans les écosystèmes, cette conversion se produit principalement sous l'action des bactéries du genre *Rhizobium* (Arms, 1990).

Fleurs d'eau (ou prolifération d'algues) : Concentration relativement élevée de *phytoplancton* observable dans une masse d'eau par suite d'une prolifération durant des conditions de croissance favorables créées par la disponibilité d'éléments nutritifs ou de lumière solaire (Wells et Rolston, 1991).

Forêt à couvert fermé : Peuplement forestier où les cimes des arbres sont contiguës, l'espace libre les séparant ayant disparu progressivement.

Formation aquifère : Formation géologique poreuse enfermant de l'eau en quantité appréciable (Parent, 1990).

Forêt climacique (ou **climax forestier** et **forêt-climax**) : Communauté végétale qui représente le stade culminant de l'évolution d'une forêt naturelle dans le milieu où elle se trouve (Métro et collab., 1975).

Forêt de seconde venue : Peuplement forestier qui s'établit après la récolte du peuplement originel (Forêts Canada, 1989).

Forêt ombrophile : Forêt à feuillage persistant régie par des climats où la pluviométrie est abondante et l'humidité de l'atmosphère continuellement élevée, sans saison sèche ou avec une très courte saison sèche (Métro et collab., 1975).

Fouisseur : Se dit d'un organisme qui a l'habitude de creuser le sol, la vase ou tout autre sédiment afin de s'y abriter, d'y circuler ou d'y trouver sa nourriture (Parent, 1990).

Frigorigène (ou **fluide réfrigérant**) : Substance qui, soumise à un changement de phase (de liquide à gazeuse ou vice versa), produit ou absorbe une quantité de chaleur latente très élevée par rapport à son volume et dont l'effet de refroidissement est considérable (d'après Lapedes, 1978). L'ammoniac et les *CFC* sont des frigorigènes.

Furanes : Voir *dioxines et furanes*.

Gestion intégrée des ressources : Gestion de deux ou plusieurs ressources dans une même région; englobe communément les eaux, les sols, le bois d'oeuvre, les pâturages, les poissons, la faune, la flore et les loisirs (Forêts Canada, 1989).

Habitat : Milieu dans lequel vit une population ou une espèce donnée. La notion d'habitat englobe non seulement le lieu occupé par une espèce, mais également les caractéristiques particulières de ce lieu, comme le climat ou la disponibilité de nourriture et d'abris appropriés permettant de satisfaire les besoins biologiques de cette espèce (Forêts Canada, 1991).

Halons : Hydrocarbures (généralement du méthane ou de l'éthane) dans lesquels les atomes d'halogènes comme le fluor, le chlore ou le brome ont été remplacés par des atomes d'hydrogène. Les deux halons le plus couramment utilisés sont le bromotrifluorométhane (halon 1301) et le bromochlorodifluorométhane (halon 1211), qui sont des agents extincteurs. Le système de numérotation représente le nombre d'atomes de carbone, de fluor, de chlore et (ou) de brome de l'agent halogéné (d'après Eckroth, 1984).

Halophile : Se dit des organismes animaux ou végétaux qui habitent les milieux salés (eaux ou sols) (Parent, 1990).

HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) : Composés carcinogènes libérés dans l'environnement par des émissions atmosphériques, en particulier la combustion des combustibles fossiles. Les sources comprennent les centrales thermiques, les fours à coke, les eaux usées, la fumée de bois et les huiles lubrifiantes usées (Wells et Rolston, 1991).

HCB (hexachlorobenzène) : Substance utilisée dans la synthèse des composés organiques et comme fongicide. Également appelé perchlorobenzène

HCH (hexachlorocyclohexane) : Insecticide systémique (c'est-à-dire qu'il attaque un système complet, p.ex., le système nerveux) toxique pour les mouches, les blattes, les pucerons et les charançons de la capsule. Également appelé hexachlorure de benzène (Lapedes, 1978).

Hydrocarbures : Composés *organiques* constitués uniquement d'hydrogène et de carbone (d'après Wells et Rolston, 1991). Le pétrole brut se compose en majeure partie d'un mélange complexe d'hydrocarbures.

Ichtyologie : Science ayant pour l'objet l'étude des poissons (Parent, 1990).

Indicateur biologique (ou **bioindicateur**) : Organisme indiquant la présence ou l'absence d'un facteur particulier, parexemple, les métaux lourds (Martin et Coughtrey, 1982). Parfois utilisé comme synonyme d'*espèce indicatrice*.

Inorganique : Qui n'est pas constitué de matière végétale ou animale et qui ne présente pas une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène comme chez les êtres vivants (Wells et Rolston, 1991).

Jachère : État d'une terre labourable qu'on laisse sans culture, généralement pendant une saison, afin de conserver l'humidité du sol et de permettre l'accumulation d'azote (Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts, 1984).

Lessivage : Processus par lequel les substances solubles sont entraînées par l'eau à travers les horizons d'un sol. Le lessivage se produit lorsque la quantité d'eau tombée sur le sol est supérieure à celle perdue par évaporation en surface. L'eau de pluie s'écoulant à travers le sol dissout les éléments nutritifs minéraux et autres substances et les entraîne via les eaux souterraines dans les cours d'eau (d'après Arms, 1990). On pense que le lessivage du mercure et d'autres métaux lourds dans les réserves d'eau est une grave conséquence des *dépôts acides*.

Lessivat : Voir *lixiviat*.

Lixiviat : Solution renfermant des matières dissoutes ou en suspension dans l'eau qui s'est infiltrée à travers les solides tels que les sols, les déchets solides et les couches de roches (d'après Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Les termes lessivat et percolat sont également utilisés comme synonymes de lixiviat.

Macronutriment : Élément nutritif, comme le potassium et l'azote, essentiel en grandes quantités pour la croissance des plantes (Lapedes, 1978).

Menacée : Désignation officielle utilisée par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Décrit toute espèce, sous-espèce ou population géographiquement isolée de faune ou de flore indigène qui sera vraisemblablement *en danger de disparition* au Canada si les facteurs qui la rendent vulnérable ne sont pas éliminés. Voir aussi *disparue*, *disparue au Canada* et *vulnérable*

Métal lourd : Élément métallique de masse atomique relativement élevée (densité de ≥5,0) comme le plomb, le cadmium et le mercure. Généralement toxique pour la vie végétale et animale, même à des concentrations relativement faibles (Wells et Rolston, 1991). N'est généralement pas requis comme *élément nutritif*.

Migration d'essences : Mouvement systématique des gènes entre des populations appartenant à la même espèce ou race géographique ou variété. Ce phénomène, qui suppose le transfert de pollen ou de graines, peut être dû à des modifications du milieu aux frontières de l'aire de répartition d'une espèce et (ou) à des changements génétiques à l'intérieur de l'espèce (Métro et collab., 1975).

Milieu humide : Milieu dont la nappe phréatique se situe au niveau, près ou au-dessus de la surface de ce milieu, ou qui est saturé d'eau assez longtemps pour favoriser les processus de milieux humides ou aquatiques et diverses formes d'activités biologiques adaptées à ces milieux (Groupe de travail national sur les terres humides, Comité canadien de la classification écologique du territoire, 1988). Comprend les fens, les bogs, les marais, les marécages et les eaux peu profondes.

Milieu urbain (ou **région urbaine**) : Selon la définition de Statistique Canada, endroit où l'on trouve une population d'au moins 1000 habitants concentrée dans une zone bâtie continue, à une densité d'au moins 400 habitants par kilomètre carré (d'après le chapitre13 du présent rapport).

Montaison : Migration de certaines espèces, comme les saumons, vers les eaux douces ou les torrents pour s'y reproduire (d'après Parent, 1990).

Morts-terrains : Matériau de toute nature, compacté ou meuble, qui recouvre un gisement de minerais, de charbon ou de matériaux de construction exploitables, en particulier les gisements qui sont exploités à ciel ouvert (Lapedes, 1978). Les sols sont souvent stockés pour être utilisés ultérieurement lors de la remise en état du site minier. D'autres matériaux provenant des morts-terrains peuvent servir à des fins de construction.

Niveau trophique : Classification fonctionnelle des organismes d'une communauté selon les relations de nutrition; le premier niveau trophique comprend les plantes vertes, le deuxième niveau comprend les herbivores, etc. (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Organique : Décrit les composés à base de carbone et contenant également de l'hydrogène, avec ou sans oxygène, azote ou autres éléments (Wells et Rolston, 1991). Organique signifiait initialement « d'origine végétale ou animale », et il est parfois utilisé dans ce sens. Par exemple, des déchets organiques peuvent désigner des restes de nourriture, du fumier, des eaux usées, des feuilles, etc.; un engrais organique peut désigner du fumier; un dépôt organique peut désigner de la tourbe ou autre matière végétale dans le sol; des éléments nutritifs organiques peuvent désigner les éléments nutritifs dérivés de matières végétales décomposées. Toutefois, maintenant que des composés organiques sont couramment produits par les êtres humains, le terme organique sert également à désigner les composés organiques synthétiques, comme dans pollution organique (qui peut comprendre des composés organiques toxiques d'origine anthropique). Voir *composés organochlorés*.

Ozone de la basse troposphère : Gaz qui se trouve très près de la surface de la Terre. Il constitue un polluant préoccupant dans le *smog* en raison de ses effets toxiques (d'après Arms, 1990). Dans le présent document, le terme **ozone troposphérique** est utilisé pour désigner tout l'ozone de la troposphère.

Ozone stratosphérique (ou **couche d'ozone**) : Ozone qui se forme dans la stratosphère à partir de la transformation des molécules d'oxygène par le rayonnement solaire. L'ozone absorbe une grande partie des rayons ultraviolets et les empêche d'atteindre la surface de la Terre (d'après Arms, 1990).

Ozone total : Ozone présent dans une colonne de l'atmosphère de la Terre. L'ozone total englobe l'*ozone troposphérique* et l'*ozone stratosphérique*.

Palustre : Dans le présent rapport, qualifie un habitat que l'on trouve dans un *milieu humide*.

PCDD et PCDF : Voir *dioxines et furanes*.

Pélagique : Qualifie les organismes qui nagent ou dérivent en pleine mer ou dans un lac, à la différence de ceux qui vivent sur le fond (voir *benthique*) (Oxford University Press, 1984). S'applique au plancton et à de nombreuses espèces de poissons, de même qu'aux oiseaux de mer passant la plus grande partie de leur vie au large.

Pentachlorophénol : Voir *chlorophénols*.

Percolat : Voir *lixiviat*.

Pergélisol : Couche du sol gelé en permanence dans les régions alpine, arctique et antarctique (Arms, 1990).

Pesticide : Substances, généralement chimiques, utilisées pour détruire des organismes végétaux et animaux indésirables (Gouvernement de la Saskatchewan, 1991). Englobe les herbicides, les insecticides, les algicides et les fongicides (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Peuplement équienne : Peuplement (ou forêt) formé d'arbres dont les différences d'âge sont nulles ou faibles. Les peuplements ou forêts ne répondant pas à ce critère sont dits **inéquiennes** (Métro et collab., 1975).

pH : Expression numérique de la concentration des ions hydrogène dans une solution. La solution est acide lorsque le pH se situe entre 0 et 7, neutre lorsque le pH est de 7, et basique ou alcaline lorsque pH se situe entre 7 et 14.

Phénol : Composé acide cristallin, corrosif et toxique présent dans les goudrons de houille et de bois.

Phytoplancton : Ensemble des organismes du *plancton* appartenant au règne végétal, de taille très petite ou microscopique, qui vivent en suspension dans l'eau; communauté végétale des eaux marines et des eaux douces, qui flotte librement dans l'eau et qui comprend de nombreuses espèces d'algues et de diatomées (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Voir aussi *zooplancton*.

Piste sismique : Bande de terrain déblayée au bouteur pour l'exécution de la prospection sismique des réserves de pétrole. Les équipes de relevés circulent le long de ces bandes et utilisent diverses anomalies de surface pour cartographier la structure géologique sous-jacente; à cette fin, on mesure le temps écoulé entre le moment où des vibrations sont produites par des moyens artificiels et celui où les ondes de choc ainsi produites sont réfléchies à la surface du sol.

Plancton : Terme général désignant l'ensemble des organismes qui dérivent dans les eaux en raison de leur faible capacité natatoire dans les courants (Arms, 1990). Voir aussi *phytoplancton* et *zooplancton*.

Poisson de fond (ou **poisson benthique**) : Désigne les espèces de poissons qui vivent habituellement sur le fond marin ou dans son voisinage immédiat (Organisation de coopération et de développement économiques, 1990), comme la morue et l'aiglefin.

Pollution : Introduction directe ou indirecte, par l'être humain, de substances ou d'énergie dans l'environnement, qui entraîne ou est susceptible d'entraîner des effets néfastes de nature à endommager les ressources vivantes et les formes de vie, à mettre en danger la santé humaine, à entraver les activités humaines ou à altérer la qualité des ressources environnementales et à réduire les avantages tirés du milieu naturel (d'après Wells et Rolston, 1991).

Polyéthylène haute densité : Plastique rigide souvent utilisé pour des contenants destinés à des produits laitiers ou du shampooing. Accepté dans de nombreux programmes de recyclage du plastique.

Polyéthylène téréphthalate : Résine de polyester utilisée dans la fabrication de pellicules de plastique ou des fibres (Lapedes, 1978). Plastique transparent accepté dans de nombreux programmes de recyclage du plastique.

Population : Ensemble des individus d'une même espèce qui vivent dans une région donnée (Wells et Rolston, 1991).

Pouvoir (ou capacité) tampon : Action des molécules ionisables en équilibre avec les ions en solution, ainsi que des ions du complexe absorbant, s'opposant aux variations brutales du pH qui pourraient résulter de l'addition d'acides ou de bases (ou de variations de la concentration); il s'agit donc d'un effet stabilisateur, le pouvoir tampon d'un sol étant la propriété qu'il a de s'opposer à un changement brusque du pH (Métro et collab., 1975).

Prairie-parc : Dans l'Ouest canadien, région intermédiaire entre la prairie et la forêt, caractérisée par la présence de bosquets de trembles (Secrétariat d'État, 1990).

Province écoclimatique : Zone caractérisée par un même climat, lequel entraîne la formation d'écosystèmes identiques sur des sols semblables (Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire, 1989). Définition établie à partir de la même hiérarchie d'unités que le système de classification des écozones terrestres. Voir *écoprovince*.

Recrutement : Taux auquel les jeunes organismes entrent dans la population adulte. Critère du succès de la reproduction.

Récupération : Récupération d'énergie par l'emploi des constituants de déchets comme combustible. Peut également désigner l'extraction de matériaux de valeur dans la masse de déchets.

Recyclable : Qualifie des produits tels que le papier, le verre, le plastique, les huiles usées et les métaux qui peuvent être recyclés au lieu d'être éliminés comme déchets (Gouvernement de la Saskatchewan, 1991).

Régénération (ou **reboisement** dans le cas d'une régénération artificielle) : Renouvellement d'un peuplement forestier par des moyens naturels ou artificiels. Le renouvellement par ensemencement naturel ou par multiplication végétative des drageons racinaires, par exemple, est qualifié de régénération naturelle. Le renouvellement par semis ou par plantation constitue une régénération artificielle (Forêts Canada, 1991).

Région écoclimatique : Subdivision d'une *province écoclimatique*, caractérisée elle aussi par un même climat, lequel entraîne la formation d'écosystèmes identiques sur des sols semblables (Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire, 1989). Définition établie à partir de la même hiérarchie d'unités que le système de classification des écozones terrestres. Voir *écorégion*.

Régression du pergélisol : Diminution d'origine naturelle ou artificielle de l'épaisseur ou de la superficie du *pergélisol* (p.ex., réchauffement du climat ou changements dans les conditions du terrain, comme la perturbation ou l'enlèvement de la couche de végétation isolante par le feu ou des activités humaines) (Brown et Kupsch, 1974).

Rendement soutenu : Rendement que peuvent donner une forêt, une culture, une masse d'eau ou une autre ressource de façon continue et à une intensité donnée de gestion (Forêts Canada, 1991). Pas nécessairement durable.

Réseau alimentaire : Complexe de nombreuses *chaînes alimentaires* interdépendantes dans un écosystème (Wells et Rolston, 1991).

Résidu de pesticide : Désigne les *pesticides* qui subsistent dans les produits alimentaires, le sol et l'eau après l'épandage. Bon nombre des 5000 produits chimiques utilisés comme pesticides dans le monde sont des substances toxiques qui pénètrent dans les fruits et les légumes et ne peuvent être éliminées par le lavage à l'eau (Gouvernement de la Saskatchewan, 1991).

Résidus miniers (ou terrils) : Matériaux rejetés par une usine après extraction de la plupart des minéraux récupérables de valeur (Whiteway, 1990). Les résidus sont généralement des particules de roche finement broyée, qui sont acheminées sous forme de suspension épaisse dans l'eau à une zone de stockage, appelée bassin à résidus, sur le site minier. Généralement, la composition des résidus miniers est semblable à celle du massif de minerai d'origine et peut donc contenir des métaux, des sulfures, des sels ou des minéraux radioactifs.

Résilience : Propriété d'un écosystème de demeurer en état d'équilibre malgré les diverses perturbations écologiques dont il est témoin (Parent, 1990).

Ressource non renouvelable : Ressource naturelle qui peut être épuisée ou être surexploitée à un tel degré qu'il est économiquement impossible d'en tirer un nouvel usage (Arms, 1990) (p.ex., le charbon, le pétrole brut, les minerais métalliques). Le chapitre 1 du présent rapport fait la distinction entre les ressources non renouvelables (combustibles fossiles et éléments radioactifs) et les ressources non reconstituables (métaux et minerais), mais cette distinction n'a pas été gardée dans les autres chapitres.

Ressource renouvelable : Ressource naturelle (p.ex., biomasse des arbres, eau douce, poisson) dont les réserves ne peuvent essentiellement jamais s'épuiser, généralement en raison de leur production continue (Arms, 1990). Le chapitre 1 du présent rapport fait la distinction entre les ressources renouvelables (organismes et leurs produits) et les ressources reconstituables (air, eau, sol et climat), mais cette distinction n'a pas été gardée dans les autres chapitres.

Rideau-abri : Plantation forestière ayant la forme d'une longue bande assez large comportant des arbres, arbustes et arbrisseaux divers, et faisant partie le plus souvent d'un réseau régulier et permanent, dont l'ensemble est destiné à protéger l'espace rural environnant contre le vent, le soleil, les perturbations neigeuses, etc. (Parent, 1990).

Sciaphile : Qui vit principalement à l'ombre (Métro et collab., 1975)

Semencier : Tout arbre produisant ou sur le point de produire des semences, soit d'une façon générale, soit qu'il soit réservé sur une coupe d'ensemencement en vue d'obtenir une régénération naturelle (Métro et collab., 1975). Aussi, arbre choisi en vue de la récolte de ses semences et éventuellement réservé à cette fin (Métro et collab., 1975).

Serriculture : Culture en serre (Parent, 1990).

Smog : Mot anglais formé par la fusion de « smoke » (fumée) et « fog » (brouillard); le smog photochimique se compose d'ozone et de nombreux autres contaminants (d'après le chapitre 2 du présent rapport); il tend à former une brume de couleur brunâtre dans l'atmosphère.

Source non ponctuelle : Source de *pollution* à partir de laquelle des polluants sont rejetés dans une région étendue ou proviennent de plusieurs petits apports au lieu de sources distinctes et repérables (Environnement Canada et collab., 1988). Exemples : terres en culture soumises à l'érosion, terres urbaines et suburbaines et terres forestières exploitées. Voir aussi *source ponctuelle*.

Source ponctuelle : Source de pollution distincte et repérable (Environnement Canada et collab., 1988). Comprend les cheminées d'usines et les émissaires des usines et des stations de traitement des eaux usées urbaines.

Stériles : Roches improductives (non minéralisées ou peu minéralisées) qu'il faut fracturer et déblayer pour dégager le minerai ou l'enrichir (Lapedes, 1978). Elles peuvent contenir de faibles concentrations de métaux ou de sulfures et elles sont souvent stockées sur le site minier.

Stratosphère : Couche de l'atmosphère comprise entre 10 et 50 km environ au-dessus de la surface de la Terre, où l'augmentation de la température est directement proportionnelle à l'altitude (d'après le chapitre 23 du présent rapport).

Sublétal : Se dit d'un stimulus dont les effets se situent en-deçà du seuil qui cause la mort (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Voir aussi *toxicité à long terme*.

Substance toxique rémanente : Toute substance toxique dont la *demi-vie* dans l'eau est supérieure à huit semaines (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988).

Succession : Changement à court terme (1000 ans ou moins) dans une communauté biotique. Processus par lequel des plantes et des animaux opportunistes recolonisent une région qui a été perturbée (p.ex., un champ agricole abandonné et dont la remise en état sera l'œuvre de la nature). Une série de communautés temporaires s'établit selon un modèle qui, en l'absence de perturbations majeures, est prévisible. Le stade ultime, ou climax (une *vieille forêt*, p.ex.), est en équilibre avec le climat régional et le substratum, la topographie et les conditions hydrologiques de la région (d'après Odum, 1989).

Surveillance : Processus consistant à vérifier, à observer ou à suivre un phénomène pendant une période déterminée ou à des intervalles donnés (Soil Conservation Society of America, 1982).

TCDD : Voir *dioxines et furanes*.

Tenure forestière : Forme sous laquelle une propriété foncière est détenue; nature du bail, durée de la période de jouissance locative, etc. (Métro et collab., 1975).

Terril : Voir *résidu minier*.

Torchage : Brûlage à la torche, à la sortie d'un puits en production, des gaz associés au pétrole et non utilisés (Quemada, 1983).

Toxaphène : *Composé organochloré* toxique utilisé comme insecticide (Lapedes, 1978).

Toxicité : Capacité ou potentiel inhérent d'une substance d'engendrer des effets dommageables chez un organisme vivant (Wells et Rolston, 1991).

Toxicité aiguë : Degré de toxicité suffisant pour causer des dommages biologiques graves ou la mort en un court laps de temps, généralement 96 heures ou moins (d'après Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Voir aussi *toxicité à long terme*.

Toxicité à long terme (ou **chronique**) : Toxicité caractérisée par une longue durée et de nature à produire un effet dommageable sur les organismes. Le résultat final d'une toxicité chronique peut être la mort, bien que les effets habituels soient sublétaux (p.ex., inhibition de la reproduction ou de la croissance). Ces effets se traduisent par des variations de productivité et de structure des populations de la communauté (Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee, 1988). Voir aussi *toxicité aiguë*.

Traitement primaire des eaux usées : Première étape du traitement des eaux usées consistant à les faire passer à travers des grilles (filtres) afin d'éliminer les éléments solides de gros diamètre; les eaux traversent ensuite des décanteurs dans lesquels se déposent les (Wells et Rolston, 1991). Voir aussi *traitement secondaire des eaux usées* et *traitement tertiaire des eaux usées*.

Traitement secondaire des eaux usées : Après le traitement primaire, élimination de la matière organique *biodégradable* des eaux usées à l'aide de bactéries et autres micro-organismes, de boues inactivées ou de filtres biologiques. Ce traitement élimine également une certaine proportion de phosphore (30 %) et de nitrates (50 %) (Wells et Rolston, 1991). Voir aussi *traitement primaire des eaux usées* et *traitement tertiaire des eaux usées*.

Traitement tertiaire des eaux usées : Élimination des nitrates, des phosphates, des composés chlorés, des sels, des acides, des métaux et des composés organiques toxiques après le *traitement secondaire des eaux usées* (Wells et Rolston, 1991). Voir aussi *traitement primaire des eaux usées*.

Trophique : Relatif aux processus de transfert d'énergie et d'*éléments nutritifs* d'un ou de plusieurs organismes à d'autres dans un *écosystème* (Wells et Rolston, 1991).

Troposphère : Couche de l'atmosphère qui contient environ 95 % de l'air de la Terre et qui va de la surface de la Terre jusqu'à 6 à 17 km environ, selon la latitude et la saison. La troposphère se termine à la tropopause, la limite à laquelle la température atmosphérique commence à augmenter au lieu de diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la Terre (d'après Arms, 1990).

Usine de chlore-alkalis : Usine produisant du chlore (pour le blanchiment, la fabrication de produits chimiques [comme les *composés organochlorés*], la purification de l'eau) et de la soude caustique (pour la fabrication de savon et de papier) par électrolyse de la saumure. Deux procédés sont utilisés couramment dans le monde : l'électrolyseur à diaphragme et l'électrolyseur à mercure. Une dernière innovation dans la technologie des cellules à électrolyse est la cellule à membrane (d'après Considine et Considine, 1989). Le procédé de l'électrolyseur à mercure fait actuellement l'objet d'une réglementation sévère destinée à éviter la contamination par le mercure, et son utilisation au Canada a considérablement diminué.

Usine de pâte au bisulfite : Voir *usine de pâte kraft*.

Usine de pâte kraft : Installation produisant du papier constitué principalement de pâte de bois fabriquée par le procédé au bisulfite. Donne un papier brut écru très résistant (Wells et Rolston, 1991).

Utilisation durable : Utilisation d'un organisme ou d'un écosystème à un taux compatible avec sa capacité de renouvellement ou de régénération (Conseil canadien des ministres de la Faune, 1990).

Vieille forêt : Terme descriptif attribué aux forêts qui comportent généralement un nombre important d'arbres énormes et surannés, de nombreux grands arbres morts encore debout, bon nombre de grumes jonchant le sol et de multiples couches de couvert forestier créées par les cimes des arbres de divers âges et essences (d'après le chapitre 10 du présent rapport).

Voie migratoire : Route de migration géographique des oiseaux, comprenant les aires de reproduction et d'hivernage (Lapedes, 1978). La voie migratoire du Pacifique, l'une des quatre voies en Amérique du Nord, est orientée nord-sud le long des régions montagneuses de l'Ouest.

Vulnérable : Désignation officielle utilisée par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada. Décrit toute espèce, sous-espèce ou population géographiquement isolée de faune ou de flore indigène, qui est en péril parce que ses effectifs sont réduits ou en baisse, parce qu'elle se trouve aux confins de son aire de répartition ou dans des régions très restreintes ou pour toute autre raison, mais qui n'est pas *menacée*. Voir aussi *disparue*, *disparue au Canada* et *en danger de disparition*.

Zooplancton : Ensemble des animaux microscopiques qui vivent en suspension dans les écosystèmes aquatiques (Lapedes, 1978). Voir aussi *phytoplancton* et *plancton*.

SOURCES DES DÉFINITIONS

Agriculture Canada. 1976. *Glossaire des termes de la science des sols.* Publication n° 1459. Direction de la recherche, Ottawa.

Arms, K. 1990. *Environmental science.* Saunders College Publishing, Toronto.

Bishop, C., et D.V. Weseloh. 1990. *Les contaminants dans les œufs du goéland argenté des Grands Lacs.* Feuillet d'information EDE n° 90–2. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Brown, R.J.E., et W.O. Kupsch. 1974. *Terminologie du pergélisol.* Mémorandum n° 111. Comité associé de recherches géotechniques, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa.

Burnett, J.A., C.T. Dauphiné, Jr., S.H. McCrindle et T. Mosquin. 1989. *La nature aux abois : Les espèces menacées de disparition au Canada.* Rapport EDE n° 89–2. Éditions Broquet Inc. (La Prairie, Québec), en collaboration avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada., Ottawa.

Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. 1984. *Nos sols dégradés.* Le Sénat du Canada, Ottawa.

Conseil canadien des ministres de la Faune. 1990. *Une politique des espèces sauvages pour le Canada.* Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Considine, D.M., et G.D. Considine (réd.). 1989. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia.* Van Nostrand Reinhold, New York.

Eckroth, D. (réd.). 1984. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Third edition. Supplement Volume.* John Wiley and Sons, Toronto.

Environnement Canada, United States Environmental Protection Agency, Brock University et Northwestern University. 1988. *Les Grands Lacs, Atlas écologique et manuel de ressources.* Environnement Canada, Toronto, et United States Environmental Protection Agency, Chicago.

Forêts Canada. 1989. *Glossary of forestry terms.* Victoria.

Forêts Canada. 1991. *L'état des forêts au Canada : Rapport au Parlement, 1990.* Ottawa.

Gilpin, A. 1986. *Environmental planning : a condensed encyclopedia.* Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey.

Gouvernement de la Saskatchewan. 1991. *Choose to conserve: the consumer and the environment.* Ministère de la Consommation et des Affaires commerciales de la Saskatchewan et ministère de l'Environnement et de la Sécurité du public de la Saskatchewan, Regina.

Gouvernement du Canada. 1991. *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes. Résumé.* Environnement Canada, Toronto, Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario), et Santé et Bien-être Canada, Ottawa.

Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie. 1987. *Rapport du groupe de travail national sur l'environnement et l'économie.* Présenté au Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement, le 24 septembre 1987. Downsview (Ontario).

Groupe de travail national sur les terres humides, Comité canadien de la classification écologique du territoire. 1988. *Terres humides du Canada.* Série de la classification écologique du territoire n° 24. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa.

Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire. 1989. *Régions écoclimatiques du Canada. Première approximation.* Série de la classification écologique du territoire n° 23. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Hilborn, J., et M. Still. 1990. *Perspective canadienne sur la pollution atmosphérique.* Rapport EDE n° 90-1. Rapport sur l'état de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa.

Lang, R., et A. Armour. 1980. *Livre-ressource de la planification de l'environnement.* Environnement Canada, Ottawa, et Multiscience Publications Limitée, Montréal.

Lapedes, D.N. (réd.). 1978. *McGraw-Hill dictionary of scientific and technical terms.* McGraw-Hill, Toronto.

Marshall, I.B. 1982. *Mines, utilisation des terres et environnement. I : Un aperçu général au Canada.* Série de l'utilisation des terres au Canada n° 22. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Martin, M.H., et P.J. Coughtrey. 1982. *Biological monitoring of heavy metal pollution : land and air.* Applied Science Publishers, Londres.

Métro, A., et comité conjoint FAO/IUFRO de bibliographie et terminologie forestières. 1975. *Terminologie forestière — Sciences forestières, technologie, pratiques et produits forestiers.* Version française. Collection de terminologie forestière multilingue n° 2. Association française des eaux et forêts et Conseil international de la langue française, Paris.

Odum, E.P. 1989. *Ecology and our endangered life-support systems.* Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

Organisation de coopération et de développement économiques. 1990. *Dictionnaire multilingue des poissons et produits de pêche.* 3ᵉ éd. Fishing News Books (Blackwell Scientific Publications Ltd.), Londres, Royaume-Uni.

Oxford University Press. 1984. *Concise science dictionary.* Oxford, Royaume-Uni.

Parent, S. 1990. *Dictionnaire des sciences de l'environnement.* Éditions Broquet Inc., Québec.

Quemada, G. (réd.). 1983. *Dictionnaire de termes nouveaux des sciences et des techniques.* Conseil international de la langue française, Paris.

Schwarz, C.F., E.C. Thor et G.H. Elsner. 1976. *Wildlife planning glossary.* U.S. Department of Agriculture General Technical Report PSW–13/1976. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, Californie.

Secrétariat d'État, 1990. *Vocabulaire de l'agriculture.* Bulletin de terminologie 197.

Soil Conservation Society of America. 1982. *Resource conservation glossary.* 3ᵉ éd. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Upper Great Lakes Connecting Channels Study, Management Committee. 1988. *Upper Great Lakes Connecting Channels Study. Volume II. Final report.* Environnement Canada, Toronto.

Villeneuve, G. Oscar. 1974. *Glossaire de météorologie et de climatologie.* Presse de l'Université Laval, Québec.

Wells, P.G., et S.J. Rolston (réd.). 1991. *Health of our oceans : a status report on Canadian Marine Environmental Quality.* Conservation et Protection, Environnement Canada, Dartmouth et Ottawa.

Whiteway, P. (réd.). 1990. *Mining explained : a guide to prospecting and mining.* Northern Miner Press, Toronto.

Whitton, V. 1984. *The Penguin dictionary of physical geography.* Penguin Books Canada, Markham (Ontario).

Wiken, E.B. 1986. *Écozones terrestres du Canada.* Série de la classification écologique du territoire n° 19. Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Quantité	Symbole	Nom de l'unité
Concentration	ppm	partie par million
	ppmv	partie par million en volume
	ppmdv	partie par million en volume sec
	ppb	partie par milliard
	ppbv	partie par milliard en volume
	ppt	partie par billion
	pptv	partie par billion en volume
	ng/m³	nanogramme par mètre cube
	µg/m³	microgramme par mètre cube
	mg/m³	milligramme par mètre cube
	µg/dL	microgramme par décilitre
	mg/L	milligramme par litre
	ng/g	nanogramme par gramme
	µg/g	microgramme par gramme
	mg/kg	milligramme par kilogramme
	µEq/L	microéquivalent par litre
	DU	Unité Dobson; 100 DU est égal à une couche imaginaire d'ozone pur de 1mm d'épaisseur, au niveau de la mer et à température et à pression normales

Équivalences	a) Liquides : 1 mg/L = 1 ppm 1 µg/L = 1 ppb	b) Solides : 1 mg/kg = 1 ppm 1 µg/kg = 1 ppb 1 ng/kg = 1 ppt

Débit	m³/s	mètre cube par seconde
	kg/jour	kilogramme par jour
	t/jour	tonne par jour
Énergie	Btu	British thermal unit
	MJ	mégajoule
	GJ	gigajoule
	PJ	pétajoule
	EJ	exajoule
	MW	mégawatt
	KW·h	kilowatt-heure
	TW·h	térawatt-heure
	KV	kilovolt
	W/m²	watt par mètre carré

Quantité	Symbole	Nom de l'unité
Longueur	nm	nanomètre
	µm	micromètre
	mm	millimètre
	cm	centimètre
	m	mètre
	km	kilomètre
Masse	ng	nanogramme
	µg	microgramme
	mg	milligramme
	g	gramme
	kg	kilogramme
	t	tonne
	kt	kilotonne
	Mt	mégatonne
Pression	kPa	kilopascal
Radiation	Bq	becquerel
	Bq/m²	Becquerel par mètre carré
	Bq/kg	becquerel par kilogramme
	mSv	millisievert
Superficie	ha	hectare
	km²	kilomètre carré
Temps	s	seconde
	h	heure
Volume	mL	millilitre
	L	litre
	dam³	décamètre cube
	m³	mètre cube

Préfixes SI

Préfixe	Symbole	Facteur de multiplication
exa	E	10^{18} (1 000 000 000 000 000 000)
péta	P	10^{15} (1 000 000 000 000 000)
téra	T	10^{12} (1 000 000 000 000)
giga	G	10^{9} (1 000 000 000)
méga	M	10^{6} (1 000 000)
kilo	K	10^{3} (1 000)
hecto	h	10^{2} (100)
déca	da	10^{1} (10)
déci	d	10^{-1} (0,1)
centi	c	10^{-2} (0,01)
milli	m	10^{-3} (0,001)
micro	µ	10^{-6} (0,000 001)
nano	n	10^{-9} (0,000 000 001)
pico	p	10^{-12} (0,000 000 000 001)
femto	f	10^{-15} (0,000 000 000 000 001)

A

Accord canado-américain sur la qualité de l'air, **12.**20–21

Accord canado-américain sur la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1987), **9.**20; **21.**19

Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1978), **18.**12,27,30

Agricultural Land Commission Act (C.-B.), **5.**15

agriculture
- *voir également* engrais
- attributs naturels, **9.**6–11
- bassin inférieur du Fraser, **16.**22–23
- effets du changement climatique, **22.**19–20
- effets sur les espèces sauvages, **6.**6
- importance économique, **9.**4–5
- orientation future, **9.**30
- pérennité, **16.**22
- production agricole et l'environnement, **9.**11–30

aires d'aménagement de la faune, **7.**11

aires protégées
- cadre des écorégions, **7.**9–10,25–29
- cadre des régions naturelles, **7.**9,21–22
- catégories, **7.**10–19
- développement durable, **7.**29–30
- écosystème arctique, **15.**25–26
- effets du changement climatique, **22.**24
- fonctions, **17.**21
- niveau de protection, **7.**7–8
- objectifs internationaux de protection, **7.**6–7
- paysages protégés, **7.**12–13
- perturbation de l'habitat et des espèces sauvages, **26.**13–14
- raisons d'être, **7.**4–6
- régions marines, **7.**23–24
- sites du patrimoine culturel reconnus à l'échelle internationale, **7.**17
- superficie, **7.**8–9

Alliance mondiale pour la nature (UICN), **7.**7-9

aménagement hydroélectrique du territoire de la baie James
- *voir également* énergie hydroélectrique
- effets sur l'écosystème arctique, **15.**10
- effets sur les forêts, **10.**11
- effets sur les poissons, **3.**16
- effets sur l'utilisation des terres, **5.**8

appauvrissement de la couche d'ozone
- *voir également* substances destructrices de la couche d'ozone
- causes, **2.**20; **14.**5; **23.**8–10
- effets, **2.**21–22; **23.**13–17; **27.**11
- mesures correctives, **2.**22; **23.**23–24; **27.**11
- modes, **15.**19–20; **23.**8
- tendances, **23.**11–13

aquiculture, **8.**7,25–27

atmosphère
- changements naturels, **2.**6–7
- composition et structure, **2.**4
- contamination, **2.**8–9
- mesures prises contre la pollution, **2.**24–26
- pressions exercées par les activités humaines, **2.**8–23; **22.**8–12
- rôle vital, **2.**4–6

autochtones
- effets des contaminants, **3.**15,23; **15.**6,14–16,19–22
- revendications territoriales, **5.**16–17; **6.**24–25; **15.**24,26

automobile
- contribution à la pollution atmosphérique, **13.**11,20–21; **14.**5–9; **16.**9,24
- grand utilisateur d'énergie, **12.**10–11; **13.**16,21
- transporteurs publics versus véhicules particuliers, **13.**20–21

B

baie de Fundy
- *voir* Fundy, baie de

baleines
- *voir également* béluga
- Arctique, **6.**9; **8.**23
- Atlantique, **8.**14
- estuaire du Saint-Laurent, **19.**9,12,22
- Pacifique, **8.**19

barrage
- *voir également* énergie hydroélectrique
- capacité de stockage, **3.**15
- impacts sur l'environnement, **3.**14–15; **5.**8; **8.**20; **17.**13–14; **27.**14
- nombre, **3.**15

bassin hydrographique de la rivière Niagara
- effets sur la contamination du lac Ontario, **18.**21
- sites d'élimination de déchets dangereux, **18.**15

béluga
- Arctique, **2.**17; **6.**9; **8.**23
- estuaire du Saint-Laurent, **4.**20–22,29; **8.**14,16,27; **18.**18; **19.**9,12,22; **21.**7; **27.**13

bioaccumulation
- caractéristiques, **3.**17–19; **18.**13,16; **21.**7
- exemples, **4.**5–6,23; **18.**16,18–19

bioamplification
- caractéristiques, **3.**17–20; **18.**13,15–16; **19.**14; **21.**7
- exemples, **4.**6,23; **15.**19–20; **18.**16,18–19; **19.**14

bioconcentration, **21.**6–7, 11
- *voir également* bioaccumulation, bioamplification

biosurveillance, **3.**19

biozones, **6.**12–21

biphényles polychlorés
- *voir* BPC

boues d'épuration, **9.**13

boues résiduaires, **11.**8–9; **12.**23

Bourse canadienne des déchets, **21.**23; **27.**20

BPC
- *voir également* produits chimiques toxiques
- agriculture, **9.**13
- caractéristiques, **3.**20–21; **21.**8
- dans les Grands Lacs, **18.**16
- écosystème arctique, **15.**11–13,19–22
- effets sur l'environnement, **21.**8
- milieu aquatique, **3.**21; **4.**22–23; **19.**14
- tendances à la baisse, **21.**12

brume arctique, **2.**18–20; **15.**16

Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, **12.**22,30

C

Canada
- abondance des terres, **5.**4–5
- caractéristiques, **1.**10
- concentration de la population, **13.**18, 28–29,32
- écozones, **5.**5–6
- pays urbanisé, **13.**4–6,18–19; **26.**8

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), **11.**23; **22.**29

Centre mondial des données sur l'ozone, **23.**12

CFC
- *voir* chlorofluorocarbures

chaîne alimentaire, **4.**6,23–24; **18.**6,8,16, 18–19; **19.**14,17; **21.**6,7; **24.**15; **27.**12,15

changement (réchauffement) climatique
- causes, **2.**22–23; **12.**14,16; **16.**7
- inévitable, **22.**27
- mesures correctives, **22.**27–28

chasse excessive, **27.**14

chlorofluorocarbures (CFC)
voir également appauvrissement de la couche d'ozone
caractéristiques, **2.**20; **23.**6,18–19
importance économique, **23.**18–19
menace pour la couche d'ozone, **2.**21; **22.**9–12; **23.**6
production globale, **2.**21
produits de remplacement, **23.**20–22
utilisations, **2.**21; **14.**8,10; **23.**6,18–19

chlorophénates, **10.**21–22

choc acide, **2.**17; **24.**14

climat, **22.**5–13
voir également changement climatique, effets du changement climatique

combustibles fossiles
déversements de pétrole dans l'environnement, **12.**25–26
émissions de combustion, **2.**22–23; **11.**15–17; **12.**11–20; **22.**8–9,13
utilisations des terres, **12.**21–25

Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversement en milieu marin (1990) (Brander-Smith), **4.**11; **12.**25–26; **19.**18

Comité fédéral-provincial de coordination de la recherche et de la surveillance, **11.**15–16; **12.**18–19

Comité fédéral-provincial pour un environnement durable en agriculture, **27.**19

Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC), **6.**22–23; **15.**27

Commission Brundtland
voir Commission mondiale sur l'environnement et le développement

Commission des parcs nationaux et des zones protégées, **7.**7

Commission mixte internationale
dépôts acides, **24.**5
description, **26.**20
niveaux d'eau des Grands Lacs, **18.**25–27
menaces pour la santé, **21.**9; **27.**16
polluants dangereux, **18.**13,16
rivières transfrontières, **3.**11; **17.**24
secteurs de préoccupation, **13.**15; **18.**12,29–30

Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988), **1.**11; **5.**15–16; **7.**4,7; **12.**5; **15.**25; **27.**16

composés organochlorés
effets sur la santé humaine, **15.**20
effets sur la vie marine, **4.**22–23; **15.**13–14
effets sur l'environnement, **21.**6–7
utilisations, **21.**6

composés organiques volatils (COV)
voir également déchets dangereux, produits chimiques toxiques
effets, **14.**4–5; **21.**6
émissions, **14.**6–7,17,21
qualité de l'air intérieur, **21.**12
sources, **12.**14–16,20–21
utilisations, **14.**20–21

compostage, **25.**17

Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME)
approche aux questions relatives au changement climatique, **12.**18
décontamination des sites industriels, **14.**12; **21.**23
émissions des cheminées des incinérateurs, **25.**14
programme de réduction des déchets, **25.**4; **27.**21
programme visant à résoudre les problèmes d'ozone de la basse troposphère, **12.**20–21
stratégies de lutte contre le dioxyde de soufre, **24.**20
vieux pneus, **25.**18

Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, **13.**15; **18.**14,18–19

conservation
aires protégées, **7.**11
habitats, **26.**15–22
sols, **9.**18–21
stratégies, **1.**15–16

contaminants toxiques
voir produits chimiques toxiques

Contamination par le mercure
voir également métaux lourds, produits chimiques toxiques
effets sur la santé humaine, **3.**22–23; **15.**22; **21.**10
empoisonnement du bassin hydrographique Wabigoon–English, **3.**23; **27.**16
Grands Lacs, **8.**25
sources, **21.**10
tendances à la baisse des émissions et rejets d'effluents, **21.**10, 12

Contamination par le plomb
voir également métaux lourds, produits chimiques toxiques
effets sur la santé humaine, **2.**12; **3.**23; **14.**10; **21.**10
tendances à la baisse des émissions, **13.**9; **14.**10; **21.**10–11, 13

Convention de Ramsar
voir Convention relative aux zones humides d'importance internationale

Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone, **23.**23

Convention du patrimoine mondial, **7.**17

Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel (UNESCO), **7.**17

Convention relative aux zones humides d'importance internationale (Convention de Ramsar), **7.**18; **26.**22

corridor Québec-Windsor, **13.**5,12,25–26

couche d'ozone stratosphérique
voir appauvrissement de la couche d'ozone, ozone stratosphérique, substances destructrices de la couche d'ozone

croissance urbaine
banlieues de faible densité, **13.**23
collectivités satellites, **13.**31
développement durable, **13.**29
diminution des habitats, **26.**8
disparition des milieux humides, **13.**28
économie d'industrie lourde, **13.**6
effet de rayonnement urbain, **5.**15; **13.**27
frange rurbaine, **13.**25
habitations à densité élevée, **13.**22
maisons unifamiliales, **13.**23–26
perte des terres agricoles, **5.**14–15; **13.**25–26
transporteurs publics versus véhicules particuliers, **13.**20–23

cycle du carbone, **22.**7–8,14

D

DDT
voir également pesticides
découverte, **21.**4
effets nocifs, **4.**22–23; **18.**19; **19.**13–14,17; **21.**4–7

déboisement, **1.**9; **10.**7; **22.**8
voir également forêts

décharges
voir également déchets solides, gestion des déchets
caractéristiques, **25.**5,9
composition, **25.**6–7
contrôlées, **25.**11,19
dans le Nord canadien, **25.**10–11
gaz de décharge, **25.**10
innovations, **25.**19
lessivats, **25.**9–10
masse et volume, **25.**8–9
pas dans ma cour, **25.**20
percolats, **16.**11,15
sites, **25.**10

déchets dangereux
voir également bassin hydrographique de la rivière Niagara, produits chimiques toxiques
caractéristiques, **14.**12–13; **16.**24–25
commerciaux, **16.**24
domestiques, **16.**24; **25.**18–19
échange, **14.**14–15; **21.**23; **27.**20
élimination, **14.**12–14; **16.**24–25
industriels, **14.**12; **16.**25
installations de traitement, **14.**13;
journées spéciales de collecte, **25.**18
origine, **1.**13; **16.**24
radioactifs, **12.**30
réduction et recyclage, **14.**14–15
sites, **16.**25; **18.**15
transport, **14.**12–14

déchets solides
voir également décharges, gestion des déchets, incinération des déchets solides
3R : réduire, réutiliser, recycler, **13**.18
caractéristiques, **13**.16–17; **25**.5–6; **27**.15
catégories, **25**.9
composition, **13**.16–17; **25**.5–9
écosystème arctique, **15**.6
emballage superflu, **9**.30, **13**.17
gestion, **25**.5,12–20
jetables, **13**.17
masse et volume, **25**.8–9
pratiques d'élimination, **25**.9–12
quantités, **25**.5
secteurs producteurs de déchets, **13**.16–17; **25**.6–7
sites, **25**.10
vieux pneus, **25**.18

demande biochimique en oxygène (DBO)
eaux usées, **3**,10; **4**.15–16; **14**.10–11
effluents de l'industrie alimentaire, **14**.9,11
effluents industriels, **14**.10–11
rejets agricoles, **16**.14–15
usines de pâtes et papiers, **10**.21; **14**.10–11

dépôts acides
voir également dioxyde de soufre
définition et nature du problème, **24**.4–6
dépérissement de l'érable à sucre, **10**.11
effets sur la santé humaine, **24**.15
effets sur l'écosystème arctique, **15**.14–16
effets sur les écosystèmes aquatiques, **3**.6–7; **24**.13–15
effets sur les écosystèmes terrestres, **24**.9–1
effets sur les espèces sauvages, **6**.8; **24**.11; **26**.12–13
effets sur les forêts, **10**.10–11; **24**.10; **26**.12
effets sur les immeubles, monuments, et matériaux, **24**.16–17
effets sur les populations de poisson, **8**.6–7; **26**.12–13
effets sur l'habitat, **26**.12
gravité du problème au Canada, **2**.16–17; **12**.16–17
mesures correctives, **2**.17; **24**.20–21
sources de polluants acidifiants, **24**.5

développement de la région de la rivière de la Paix, **5**.9–11

développement durable
agriculture, **1**.18; **16**.22
aires protégées, **7**.29–30
baie de Fundy, **20**.13–17
bassin des Grands Lacs, **18**.28–31
bassin inférieur du Fraser, **16**.26–27
définition, **27**.16
eaux marines côtières, **1**.18
fleuve Saint-Laurent, **19**.22
forêts, **1**.18; **10**.23–24
industrie minière, **11**.21–25
milieu urbain, **13**.29
pêches, **8**.5–7
stratégies, **27**.21–22
utilisation des terres, **5**.18–19

déversements
voir également rejets d'effluents
des navires-citernes, **4**.10–11; **12**.25–26; **15**.8; **19**.17–18
en mer, **4**.18–19; **12**.25–26; **15**.8; **19**.17–18
en zones non marines, **4**.5–6; **12**.26–27; **15**.8
équipements d'interveftion, **4**.11–12

digues
effets, **16**.9; **20**.9–11
irrigation, **17**.14–16
protection contre les inondations, **16**.7
utilisations, **17**.16; **20**.5–7

dioxines
voir également produits chimiques toxiques
caractéristiques, **3**.18–20
effets sur la santé humaine, **3**.19–20; **21**.9
effets sur les espèces sauvages, **3**.19–20; **4**.5–6,
16.19; **21**.9,13–15
effets sur les poissons, **3**.20; **4**.5–6,23; **10**.21; **21**.13–15
sources, **3**.19–20; **4**.15–16; **10**.21; **14**.19; **21**.8–9,13–15

dioxyde de carbone
voir également gaz à effet de serre
caractéristiques, **4**.24; **12**.14; **13**.11; **22**.7
concentrations atmosphériques, **2**.6–7; **22**.6–7,10,12
doublement, **18**.27; **22**.13–19
effets, **4**.24; **12**.14
émissions, **2**.22; **14**.6–7
émissions de dix pays, **22**.9
mesures correctives, **12**.16
sources, **2**.22; **12**.15–16; **14**.6–7; **17**.12
tendances des émissions, **12**.16

dioxyde de soufre
voir également dépôts acides
caractéristiques, **2**.12–13
dépôts acides, **2**.13; **11**.16; **12**.18–20; **14**.5
effets sur la santé humaine et l'environnement, **2**.13; **11**.15–16; **12**.18; **14**.5
émissions, **11**.16–17; **12**.16,18–20; **14**.5–7,19; **16**.8–9; **24**.10, 21–22
objectifs de qualité de l'air, **2**.11
sources, **11**.15–16; **12**.14–16; **14**.6–7,15,19; **16**.8–9; **24**.5–7
tendances, **2**.12; **11**.15–16; **16**.10; **24**.9–10
tendances à la baisse des émissions, **11**.16; **12**.18–20; **13**.9; **14**.5; **24**.9–10, 22

dioxyde d'azote
voir également oxydes d'azote
caractéristiques, **2**.13
effets sur la santé humaine et l'environnement, **2**.13; **14**.5
niveaux, **16**.8
objectifs de qualité de l'air, **2**.11
tendances des émissions, **2**.12; **13**.9,11; **16**.9

Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides, **10**.10

diversité biologique (biodiversité), **6**.4–5; **10**.7

dose journalière admissible d'un produit chimique toxique, **3**.25

dreissena polymorphe, **3**.15; **4**.10; **6**.12,20; **8**.7; **18**.25–26; **27**.13

E

eau
voir également eaux douces
consommation, **13**.13
cycle, **3**.5,8
pollution, voir pollution de l'eau
potable, voir eau potable
qualité, voir qualité de l'eau

eau potable
préoccupations touchant la qualité, **3**.26–27
recommandations sur l'eau potable au Canada, **3**.24–26
sources, **3**.5

eaux douces
voir également pollution de l'eau
élément vital, **3**.4–6; **16**.5–6,10–11; **17**.13
pêches, **8**.23–25; **16**.17–18; **17**.20
utilisation dans les secteurs économiques, **3**.9–16; **17**.20

eaux usées
voir également rejets d'effluents, traitement des eaux usées
bassin inférieur du Fraser, **16**.13–14
caractéristiques, **3**.9; **13**.13–14
contamination fécale, **4**.5
contaminants provenant des stations de traitement des eaux d'égout municipales dans le bassin des Grands Lacs, **18**.17
contenu d'effluents industriels, **14**.9–10; **21**.8–9
écosystème arctique, **15**.6
écozone des Prairies, **17**.20
effets, **4**.14; **13**.13–14; **17**.20; **18**.17; **26**.9

eaux usées urbaines
voir eaux usées, rejets d'effluents

écosphère
approvisionnement en ressources naturelles, **27**.5–6
composantes, **1**.4–5
impact des techniques, **27**.7
pressions exercées par l'être humain, **27**.6

écosystème
voir également écosphère
agressions humaines, **18**.27–30
dégradation et transformation, **27**.7
planétaire, **1**.4
sources de dérèglement, **1**.10

écosystème arctique
effets des contaminants sur la santé humaine, **15**.20–22
espèces sauvages, **15**.26–27

limites géographiques de l'Arctique, **15.**4
mesures correctives, **15.**23–27
milieux terrestre et marin, **15.**4–5
pêches, **8.**22–23
pressions exercées par les activités humaines, **15.**6–16

écosystème du bassin des Grands Lacs
caractéristiques physiques, **18.**5
composantes, **18.**4–5
développement durable, **18.**28–31
effets sur la santé humaine, **18.**20–21
état de santé de l'écosystème, **18.**28
pêches, **18.**23–25
pertes de milieux humides, **18.**12
plans de mesures correctives, **18.**30
polluants dangereux, **18.**13–14,16
secteurs de préoccupation, **13.**15; **18.**12,22,28–29; **26.**9,21
sources de contaminants, **18.**17

écosystème du bassin inférieur du Fraser, **16.**4–28

écoulement minier acide, **11.**10–13; **12.**25

écoulement minier salin, **11.**13–14

écozone des Prairies
composantes, **17.**4–9
contraintes naturelles, **17.**21
isparition des espèces sauvages, **17.**10–11
irrigation, **17.**14–16
modification des réseaux fluviaux, **17.**13–16
prélèvements d'eau, **17.**16–17; **27.**14
pressions exercées par les activités humaines, **17.**9–21
réaction de la société, **17.**22–25

écozones du Canada, **1.**13–14
voir également écozones terrestres

écozones terrestres
situation géographique et caractéristiques, **1.**13–16
utilisation des terres par écozone, **5.**5–6

effets du changement climatique
agriculture, **17.**12; **22.**19–20
aires protégées, **22.**24
eaux douces, **22.**23–24
économie, **22.**4–5,25
écosystème arctique, **15.**15,17–18
élévation du niveau de la mer, **4.**25; **5.**14; **16.**7; **22.**21–22
espèces sauvages et l'habitat, **6.**12; **22.**24–25; **26.**13
forêts, **22.**20–21
loisirs et tourisme, **22.**25
océans, **4.**24
offre et demande d'énergie, **22.**25
pêches maritimes, **4.**24; **22.**22–23
pergélisol, **22.**24
provinces écoclimatiques, **22.**18–19
santé et bien-être physique, **22.**25
transports, **22.**25

effluents
voir rejets d'effluents

électricité, **12.**27–29

élévation du niveau de la mer, **4.**25; **22.**21–22

emballage
emballage superflu, **9.**30, **13.**17
Groupe de travail national, **25.**8,20
Protocole national, **25.**12–13; **27.**21
respectueux de l'environnement, **25.**20

empoisonnement du bassin hydrographique Wabigoon–English, **3.**23, **27.**16
voir également contamination par le mercure

énergie
approvisionnement et demande, **12.**7–10,12
biens énergivores, **12.**13; **13.**16
économie d'énergie, **1.**10
ffets du changement climatique, **22.**25
émissions de combustion des combustibles, **14.**6
flux énergétiques, **12.**13
impacts sur l'environnement, **12.**10–31; **26.**9,11
importance économique, **12.**4–5
intensité et rendement, **12.**8
inventaire des ressources énergétiques, **12.**6
réduction de la demande d'énergie et les impacts, **12.**31–33
sources, **1.**11

énergie hydroélectrique
impacts sur l'environnement, **12.**28–29; **26.**9–10
production au Canada, **12.**28

énergie marémotrice (Fundy), **20.**18

énergie nucléaire
préoccupations environnementales, **12.**29–31
production, **12.**29
Tchernobyl, **2.**14; **12.**30

énergies renouvelables, **12.**32–33

engrais
coûts, **9.**26
effets sur les eaux de surface, **3.**12; **9.**12,24; **17.**19; **19.**17
effets sur les eaux souterraines, **3.**12; **9.**24; **17.**19; **19.**17
effets sur les espèces sauvages, **6.**6; **26.**7–8
eutrophisation, **3.**11; **9.**16,24; **19.**17
teneur en éléments nutritifs, **9.**21–23
utilisation, **9.**21–23

environnement
voir également écosphère
caractéristiques, **1.**4
information sur l'état de l'environnement, **27.**24–29
interaction avec l'économie, **19.**20; **27.**4–5
problèmes, **1.**10
réponses aux problèmes environnementaux, **27.**18–19

espaces en danger, **7.**7,21

espèces en péril
espèces en danger de disparition, **6.**12, 14–19; **27.**12–13
espèces menacées, **6.**12,14–19; **19.**12; **27.**12
espèces vulnérables, **6.**13,16; **27.**12

espèces sauvages
voir également habitat
avantages sociaux, **6.**5
définition, **6.**4
disparition dans l'écozone des Prairies, **17.**10–11
espèces en péril, **6.**12; **19.**12; **27.**12–13
importance économique, **6.**5
mesures de conservation, **6.**21–25; **20.**11
pressions exercées, **6.**6–12; **9.**9,16–17
tendances et état des populations des espèces sauvages, **6.**12–21
viabilité, **20.**14

eutrophisation
caractéristiques, **3.**16; **4.**17; **14.**11; **18.**13
effets, **3.**16; **4.**17; **17.**17
facteurs de contribution, **9.**16; **14.**11; **17.**19; **18.**12–13; **19.**17
tendance à la baisse, **18.**12

exploitation forestière
coupe à blanc, **10.**13–14; **26.**4–5; **27.**14
coupe d'écrémage, **10.**13
effets sur les espèces sauvages, **6.**7
érosion du sol, **10.**15
exploitation par arbres entiers, **10.**14
possibilité annuelle de coupe, **10.**12–13; **16.**21

extraction des minéraux et des métaux
description des procédés d'extraction, **11.**5–7
développement durable, **11.**21–25
impacts sur l'environnement, **11.**8–21; **12.**24–25; **26.**9
importance économique, **11.**4,6
principales régions minières, **11.**5
remise en état des terres perturbées par les procédés d'extraction minière, **11.**20-22; **12.**24–25
sites miniers abandonnés, **11.**18–20

Exxon Valdez, **4.**10,19; **12.**26; **19.**18

F

fénitrothion, **10.**19–20

Fonds mondial pour la nature Canada, **7.**10,25,27–28

forêts
voir également exploitation forestière, renouvellement des forêts
caractéristiques, **10.**4; **26.**4
contraintes naturelles, **10.**9–10
cycle du feu, **10.**9
dépôts acides, **10.**10–11; **24.**10,16
développement durable, **10.**23–24
effets du changement climatique, **22.**20–21

importance économique, **10.**6–7
incendies causés par les humains, **10.**9
pressions exercées par les activités humaines, **1.**14; **10.**9–20
régions forestières du Canada, **10.**4–5
réserves forestières, **10.**11–12

frange rurbaine, **13.**25–26

Fundy, baie de
voir également milieux humides — Fundy
développement durable, **20.**13–17
espèces sauvages, **20.**8–16
milieux humides, **20.**7–9
terres endiguées, **20.**5–7,9–11
utilisation polyvalente des terres, **20.**16–17

furanes
voir également produits chimiques toxiques
caractéristiques, **3.**18–20
effets sur la santé humaine, **3.**19–20; **21.**9
effets sur les espèces sauvages, **3.**19–20; **4.**5–6; **21.**9,13–15
effets sur les poissons, **3.**20; **4.**5–6; **10.**21; **21.**13–15
sources, **3.**19–20; **4.**15–16; **10.**21; **14.**19; **21.**8–9,13–15

G

gaz à effet de serre
voir également changement (réchauffement) climatique, dioxyde de carbone, méthane
caractéristiques, **9.**8; **10.**10–11; **14.**8; **22.**5–6
effets sur le changement climatique, **9.**8–9; **16.**7
effets sur les écosystèmes marins, **4.**24; **16.**7
rôle, **2.**6

gestion des déchets
voir également décharges, déchets solides, incinération des déchets solides
4R : réduction, réutilisation, recyclage et récupération, **25.**14–17
compostage, **25.**17
emballage respectueux, **25.**13
gestion intégrée, **25.**20
nouvelles orientations, **25.**12–20
plans directeurs, **25.**20

gestion du fumier, **9.**29–30; **19.**17

Grands Lacs
voir écosystème du bassin des Grands Lacs

Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minérale (1988), **11.**11–12

Groupe de travail national sur l'emballage, **25.**8,20
voir également emballage

Groupe de travail national sur l'environnement et l'économie, **5.**16; **27.**16

Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, **4.**25; **9.**8–9; **17.**13; **22.**4

H

habitat
voir également espèces sauvages
amélioration des banques de données, **26.**24
bassin inférieur du Fraser, **16.**16
conservation et remise en état, **26.**15–22
définition d'un habitat adéquat, **26.**4
disparition dans l'écozone des Prairies, **17.**10–11
pressions exercées par les activités humaines, **9.**9; **26.**4–15

HAP
voir hydrocarbures aromatiques polycycliques

HCFC et HFC : produits de remplacement pour les CFC, **23.**20–22

herbicides
voir également pesticides
aménagement forestier, **10.**17–19
effets sur le milieu aquatique, **9.**26; **17.**18–19; **19.**17
effets sur les espèces sauvages, **6.**6,11; **10.**17–19
utilisés en agriculture, **3.**21; **9.**25–26; **17.**18–19

hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
caractéristiques, **21.**6,10–11
effets sur la santé humaine, **14.**5
effets sur le milieu marin, **4.**20–21
effets sur les poissons, **4.**20–21; **19.**14
émissions, **14.**6–7,9,17,19
évaluation, **21.**18
sources, **14.**15

I

immersion en mer
voir rejets d'effluents

incinération des déchets solides, **25.**11

industrie chimique
voir également produits chimiques toxiques
autodiscipline, **21.**20
émissions et rejets, **14.**17–18
importance économique, **21.**4
stratégie d'élimination : 3R (réduction, réutilisation et recyclage), **21.**23

industrie des pâtes et papiers
contaminants, **10.**20–22
émissions, **14.**6,19
importance économique, **10.**6; **14.**18
polluants atmosphériques, **14.**6,19
polluants de l'eau, **14.**10–11,18–19
rejets d'effluents, **3.**12–13; **8.**18; **10.**21; **14.**10–11,19

industrie pétrolière, **3.**13–14; **14.**15–17

insecticides
voir également pesticides
aménagement forestier, **10.**18–19
effets sur le milieu aquatique, **9.**26; **17.**18–19
effets sur les espèces sauvages, **6.**6,10; **10.**18–19

inventaire des bâtiments historiques, **7.**15

Inventaire des terres du Canada (ITC), **5.**9, 12–13; **13.**27; **26.**24

irrigation, **3.**10–11; **9.**15–16; **17.**14–16
voir également processus de dégradation du sol

J

jachère, **9.**17–18; **17.**11–12

L

Land Surface Conservation and Reclamation Act (Alberta), **11.**21

liste des substances d'intérêt prioritaire, **21.**11,16,18

Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE),
voir également liste des substances d'intérêt prioritaire
esprit, **21.**19
généralités, **2.**24; **3.**18; **4.**30; **5.**18; **26.**21; **27.**18
pollution du milieu marin, **4.**12,27
règlements visant les pâtes et papiers, **14.**15,19

loisirs et tourisme
bassin inférieur du Fraser, **16.**20–21
caractéristiques, **3.**15–16; **10.**7; **16.**20; **19.**12–13; **26.**13–14
effets du changement climatique, **22.**25
effets néfastes sur l'environnement, **3.**16; **5.**11; **26.**14
fleuve Saint-Laurent, **19.**12–13
parcs and aires protégées, **26.**13–14
Recommandations au sujet de la qualité des eaux usées utilisées à des fins récréatives au Canada, **3.**15

Loi sur la faune du Canada, **7.**12,24

Loi sur la marine marchande du Canada, **3.**16; **4.**10,27

Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques, **4.**10,27; **26.**21

Loi sur la protection du territoire agricole (1978, Québec), **13.**26

Loi sur la qualité de l'environnement du Québec, **19.**7

Loi sur le contrôle de l'énergie atomique, **11.**14; **12.**30

Loi sur le ministère des Forêts, **10.**23

Loi sur les lieux et monuments historiques, **7.**14

Loi sur les parcs nationaux, **7.**20,24; **26.**21

Loi sur les pêches, **3.**13; **4.**16,27; **8.**4,6; **11.**15; **19.**15

Loi sur les produits antiparasitaires, **9.**26; **10.**18–19

Loi sur les ressources en eau du Canada, **3.**16

Loi sur le transport des marchandises dangereuses, **14.**13–15; **21.**21

lutte intégrée contre les ravageurs, **9.**28; **10.**20

M

matières particulaires
- *voir* particules totales en suspension

matières solides totales en suspension
- caractéristiques, **14.**10
- eaux usées, **4.**14–15; **13.**14; **14.**9–10
- industrie des pâtes et papiers, **3.**12–13; **4.**15–16; **14.**10

contamination par le mercure
- *voir également* métaux lourds, produits chimiques toxiques
- effets sur la santé humaine, **3.**22–23; **15.**22; **21.**10
- empoisonnement du bassin hydrographique Wabigoon–English, **3.**23; **27.**16
- Grands Lacs, **8.**25
- sources, **21.**10
- tendances à la baisse des émissions et rejets d'effluents, **21.**10,12

métaux lourds
- *voir également* contamination par le mercure, contamination par le plomb, produits chimiques toxiques
- contaminant l'eau, **3.**22; **4.**21; **9.**13; **15.**13–14; **19.**17
- émissions au Canada, **11.**18-19
- types, **21.**10

méthane, **22.**6–12,14
- *voir également* gaz à effet de serre

microcontaminants
- *voir* produits chimiques toxiques

milieu marin
- *voir* océans et côtes

milieu urbain
- aires naturelles, **7.**29
- consommation d'eau, **13.**13
- consommation d'énergie, **13.**16
- décharges contrôlées, **13.**17; **25.**11,19
- espaces verts, **13.**6–7
- îlots thermiques urbains, **2.**8; **13.**9
- logement en pleine verdure, **13.**30–31
- planification de l'écosystème, **13.**30
- pollution atmosphérique, **2.**10–13; **13.**9–13
- qualité de l'air à l'intérieur, **13.**24–25
- questions majeures dans les grandes villes, **13.**28–30
- traitement des eaux usées, **13.**14–15
- ville verte de l'avenir, **13.**7–8,30

milieux humides
- assèchement dans la région de l'Atlantique, **3.**7
- caractéristiques, **3.**6–7; **19.**8; **26.**7
- disparition, **26.**7; **27.**7
- drainage, **9.**9,16
- disparition au voisinage des grandes villes, **13.**28
- perte dans le bassin des Grands Lacs, **18.**10–12
- perte dans l'écozone des Prairies, **17.**10–11
- perte le long du fleuve Saint-Laurent, **19.**18–19
- pression exercée par les utilisations des terres, **26.**7
- rôle, **3.**6–7; **7.**28–29; **26.**7

milieux humides — Fundy
- ennoyage, **20.**5,11,15
- marais dulcicoles, **20.**5
- marais salés, **20.**5,8–9,17
- tourbières, **20.**9,17
- vasières intertidales, **20.**5,7–8

mines de charbon
- *voir également* extraction des minéraux et des métaux
- impacts sur l'environnement, **12.**24–25
- production, **12.**24
- remise en état des terres exploitées, **11.**21–22

monoxyde de carbone
- caractéristiques, **2.**11–12; **22.**11
- effets sur la santé, **14.**5
- émissions, **2.**11–12; **14.**6–7,9,19; **16.**8; **22.**11–12
- objectifs de qualité de l'air, **2.**11
- sources, **2.**12; **14.**6–7; **22.**11–12
- tendances des émissions, **2.**12; **13.**10; **14.**7

O

objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant, **2.**11; **13.**9–10

océans et côtes
- caractéristiques, **4.**4
- effets du changement atmosphérique, **4.**23–25
- importance économique, **4.**5
- mesures correctives, **4.**26–27
- pressions exercées par les activités humaines, **4.**5–16
- secteurs de préoccupation environnementale, **4.**7–9
- sources de contamination et effets potentiels sur le milieu marin, **4.**7–9
- types de contamination, **4.**16–24

oiseaux de rivage migrateurs, **20.**7–8

Organisation météorologique mondiale (OMM)/Programme des Nations Unies pour l'environnement, **2.**20; **23.**12,17–18

oxyde nitreux, **22.**6,9-12

oxydes d'azote
- *voir également* dioxyde d'azote, oxyde nitreux
- caractéristiques, **2.**13
- effets, **2.**13; **10.**10; **16.**9
- émissions, **2.**13,23; **14.**6-8,19; **17.**13
- objectifs de réduction, **2.**15
- sources, **2.**13,25; **14.**4-5,9,15; **24.**5

ozone
- *voir* appauvrissement de la couche d'ozone, ozone de la basse troposphère, ozone stratosphérique, substances destructrices de la couche d'ozone

ozone de la basse troposphère
- développement, **2.**13–14; **22.**11
- effets, **2.**13–14; **12.**20; **13.**11–12; **14.**4–5; **16.**8; **27.**11
- mesures correctives, **12.**20–21; **13.**12–13
- objectifs de qualité de l'air, **2.**11
- smog, **2.**13; **12.**20
- sources, **12.**20; **13.**11–12; **14.**7; **16.**8; **22.**11; **27.**11
- tendances des niveaux, **14.**7

ozone stratosphérique
- appauvrissement *voir* appauvrissement de la couche d'ozone
- aspects interreliés avec le climat, **23.**18
- formation, **23.**4–5
- intégrité, **23.**6–8
- mesures correctives, **23.**18–23
- répartition, **23.**4–5
- rôle, **2.**13; **4.**25; **16.**10; **22.**10–11
- trou, **2.**19; **4.**25; **23.**7,10–11

P

parc marin du Saguenay, **4.**27; **7.**23

parcs, **7.**10–12
- *voir également* aires protégées, loisirs et tourisme

Partenaires de l'environnement, **27.**23

particules totales en suspension
- caractéristiques, **2.**10–11; **13.**9
- lignes directrices pour les émissions des cheminées des incinérateurs, **25.**14
- objectifs de qualité de l'air, **2.**11
- sources, **14.**6–8

pas dans ma cour
- *voir* syndrome du « pas dans ma cour »

pêches
- *voir également* écosystème du bassin des Grands Lacs
- développement durable, **8.**5–7
- effets du changement climatique, **22.**22–23
- espèces de poisson, **8.**7–25
- importance économique, **4.**5–6; **8.**4,8,16,22–25; **19.**10–12
- océans, **4.**6–7
- pressions exercées par les activités humaines, **4.**5–9; **8.**6
- sportives, **8.**13,19

pêches de l'Atlantique
voir également pêches, poisson
tendances des prises commerciales, **4**.6–7; **8**.9–16

pêches du Pacifique
voir également pêches, poisson
tendances des prises commerciales, **4**.6–7; **8**.16–20

pesticides
voir également agriculture, forêts, produits chimiques toxiques
agriculture, **3**.10–11,21; **6**.10–11; **9**.12–13,25–26; **17**.18–19; **19**.16–17
composés organochlorés, **21**.7
DDT, **4**.22; **17**.18; **18**.16–17; **21**.4,6–7,12
eaux de ruissellement, **3**.10–11; **4**.5
eaux douces, **3**.21
eaux souterraines, **3**.11
forêts, **3**.21; **10**.18–20
habitats des espèces sauvages, **6**.10; **26**.7

phoques
Arctique, **6**.9; **8**.23
Atlantique, **8**.13–14

pipelines, **12**.23

Plan d'action pour la conservation des Prairies, **17**.22; **26**.17

Plan d'action Saint-Laurent (PASL), **13**.16; **19**.15,20,22; **26**.21; **27**.18

plan de gestion de l'estuaire du fleuve Fraser, **13**.15; **16**.15,27

Plan de l'escarpement du Niagara, **5**.19

Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, **6**.23–24; **7**.28; **9**.20; **16**.27; **17**.22–23; **26**.17; **27**.23

Plan vert du Canada (Gouvernement du Canada, 1990)
agriculture, **9**.30
aires protégées terrestres, **7**.7,21
aperçu, **4**.26–27
développement durable, **5**.16
déversements en mer, **4**.11–12; **12**.27
mines de métaux, **11**.15
objectifs, **23**.23–24; **27**.22–23
observatoire arctique, **23**.11
pollution dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent, **19**.15
produits chimiques destructeurs d'ozone, **23**.23
régions marines protégées, **4**.26,28; **7**.6,24
questions prioritaires reliées aux océans, **4**.29
rivières Rouge et Assiniboine, **17**.24

contamination par le plomb
voir également métaux lourds, produits chimiques toxiques
effets sur la santé humaine, **2**.12; **3**.23; **21**.10
sources, **2**.12; **3**.23; **14**.10; **21**.10
tendances à la baisse des émissions, **13**.9; **14**.10; **21**.10–11,13

pluies acides
voir dépôts acides

poisson
aquiculture, **8**.7,25–27
Arctique, **8**.22–23
Atlantique, **8**.8–16
eau douce, **8**.23–25
Grands Lacs, **18**.23–25
Pacifique, **8**.16–22

politique de gestion de l'habitat du poisson, **4**.26; **8**.20

Politique fédérale sur l'utilisation des terres, **5**.17

polluants atmosphériques
effets, **14**.4–5; **27**.11
émissions de villes canadiennes choisies, **13**.10
émissions nationales, **14**.6–7
types, **2**.10–14; **14**.4–5,15,17,19; **22**.8–12

pollution
voir dépôts acides, pollution atmosphérique, pollution de l'eau

pollution atmosphérique
voir également polluants atmosphériques
agriculture, **9**.13–15
amélioration à Sudbury, **13**.9
automobiles, **13**.11,20–23; **14**.20
fonderies et affineries de métaux, **11**.15–18; **14**.5
îlots thermiques urbains, **2**.8; **13**.9
industries, **12**.14–16; **14**.5–9,15–19
mesures correctives, **2**.24–26
pâtes et papiers, **14**.18–19
problèmes, **2**.6–23; **14**.4–5; **27**.11
réduction, **14**.8–9
transformation du bois, **10**.22
urbaine, **2**.10–14; **13**.9–13

pollution de l'eau
effets, **27**.12
effluents industriels, **14**.10–11
industrie minière, **11**.8–15
mesures correctives, **13**.13–16
sources, **3**.7–23; **13**.13–15; **14**.9; **16**.12–13; **19**.13–18; **27**.12
transformation du bois, **10**.20–22
types, **3**.8; **14**.10–11; **19**.16

Prairies
voir écozone des Prairies

précipitations acides
voir dépôts acides

processus de dégradation des terres
voir également sols
acidification, **9**.14–15
compactage, **5**.12; **9**.13–14
drainage, **9**.16–17
érosion des sols, **5**.12–13; **9**.11–13; **17**.14–16
irrigation, **9**.15–16; **17**.14–16
jachère, **9**.17–18; **17**.11–12
perte de la matière organique du sol, **5**.12; **9**.15; **17**.12
salinisation des terres arides, **5**.12; **9**.17; **17**.11–12
situation dans l'écozone des Prairies, **17**.11–12

Production alimentaire 2002, **9**.19–20,27

produits chimiques toxiques
voir également BPC, composés organiques volatils (COV), dioxines, furanes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), industrie chimique, métaux lourds
3R : réduction, réutilisation et recyclage, **21**.23
bioconcentration, **21**.7,11
cadre pour la gestion intégrale des produits chimiques toxiques, **21**.19–21
caractéristiques, **14**.11; **21**.5–8
définition, **21**.5–6,15
effets sur la santé humaine, **14**.11; **15**.20–22; **21**.4
effets sur les espèces sauvages, **6**.8–11; **14**.11
évaluation du risque, **21**.15–16
exposition, **21**.11–12
gestion intégrale, **21**.20–23; **27**.20–21
hydrocarbures, **4**.18–19; **21**.11
présence dans l'environnement, **3**.17–23; **9**.12–13; **19**.20; **21**.8–12; **27**.15–16
surveillance, **21**.12–15
tendances des niveaux dans l'environnement, **21**.12–15
tragédies et accidents, **21**.5
transport, **21**.21

programme Choix environnemental, **21**.19; **27**.19,23

Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique, **4**.1,8; **8**.11; **27**.20

Programme d'amélioration du milieu pédologique et aquatique, **9**.21

Programme de Gestion responsable (Association canadienne des fabricants de produits chimiques, **21**.20; **27**.21

Programme de neutralisation des eaux de drainage dans l'environnement minier, **11**.13

Programme national de conservation des sols, **9**.7,19–21; **17**.23; **26**.17

Programme national de surveillance des terres au Canada, **5**.19

programme ontarien des boîtes bleues
objectif, **13**.18; **27**.21
produits recueillis, **25**.16

Programme sur l'homme et la biosphère (UNESCO), **7**.17–18

Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, **2.**22; **14.**8; **23.**23; **26.**20; **27.**18

Protocole national sur l'emballage, **25.**12–13; **27.**21

Q

qualité de l'air
- bassin inférieur du Fraser, **16.**4–5,7–10
- écozone des Prairies, **17.**12–13
- intérieur, **13.**24–25
- niveaux, **16.**8–9
- objectifs nationaux, **2.**11; **13.**9
- système des objectifs, **2.**11
- tendances, **2.**12

qualité de l'eau
- dégradation dans l'écozone des Prairies, **17.**18–21
- facteurs naturels, **3.**7–8
- recommandations canadiennes, **3.**24–26; **13.**13

R

radionucléides, **11.**14–15; **15.**12,15,21–22

rayonnement ultraviolet, **2.**6; **23.**13–17

rayons UV-B, **23.**13-17

réchauffement global
- *voir* changement (réchauffement) climatique

Reclamation Research Technical Advisory Committee (1991, Alberta), **12.**21–22

recommandations sur l'eau potable au Canada, **3.**24–26
- *voir également* eau potable

récréation
- *voir* loisirs et tourisme

recyclage
- généralités, **25.**12–17
- métaux, **11.**24
- papier, **10.**24
- substances destructrices de la couche d'ozone, **23.**21–23
- trois R, **13.**18; **21.**23

refuges d'oiseaux migrateurs, **26.**18,21

Règlement fédéral sur les effluents liquides des mines de métaux, **11.**14–15

rejets d'effluents
- déversements, **4.**5–6,10–12,18–20; **12.**25–26; **15.**8; **19.**17–18
- eaux de ruissellement contaminées des exploitations forestières et agricoles, **3.**10–11; **4.**5–6,11–12; **13.**16; **16.**14–15; **17.**18–19; **19.**14–15
- eaux usées, **3.**9–10; **4.**5–6,8–9,14; **13.**13–15; **14.**10–11; **15.**6; **16.**13–14; **17.**20; **18.**17; **19.**13–14; **21.**8–9
- forage, **4.**5,9–10
- immersion en mer, **4.**5–6,11–12; **15.**9; **26.**9,11
- industrie des pâtes et papiers, **3.**12–13; **4.**5–6,14–16; **14.**10–11,18–19
- industriels, **3.**11; **4.**5–8; **8.**6; **13.**14; **14.**9–10; **16.**13–14; **17.**20–21; **19.**14–16; **21.**8–10
- industrie minière, **3.**11–12; **4.**5–6,21; **11.**8; **15.**9–10
- industrie pétrolière, **3.**13–14; **4.**5–6,9–10; **14.**15–17
- industries chimique et pétrochimique, **3.**18; **4.**5–6; **14.**17–18
- ruissellement urbain, **4.**6; **16.**14; **21.**9
- transport par navires-citernes, **4.**5–6, 10–11; **12.**25–26; **19.**17–18

rejets industriels
- *voir* rejets d'effluents

remise en état des terres perturbées par les procédés d'extraction minière, **11.**20–21; **12.**25

renouvellement des forêts
- ensemencement et plantation, **10.**17; **26.**5
- hybridation, **10.**8
- préparation du terrain, **10.**17–18
- régénération naturelle, **10.**16; **26.**5
- utilisation de produits chimiques, **10.**18–20

Réseau de réserves pour les oiseaux de rivage de l'hémisphère occidental, **7.**17–19; **20.**8; **26.**22

Réseau d'information sur les eaux intérieures, côtières et océaniques, **27.**20

Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), **2.**10,13; **13.**9

réserves écologiques, **5.**10; **7.**10; **16.**19

réserves nationales de faune, **26.**22

réservoirs, **5.**8; **17.**14–16

résidus miniers, **4.**22; **11.**8–14,17,19–20

ressources
- énergétiques, **12.**6
- gestion, **27.**19–21
- récupération, **25.**17
- types, **1.**8–9

rétablissement des espèces canadiennes en péril (RESCAPÉ), **6.**23

S

sables bitumineux
- définition, **12.**22
- préoccupations, **12.**22–24; **22.**28

Saint-Laurent
- aspects biophysiques, **19.**6–7
- caractéristiques, **19.**4–5,10–11
- écosystèmes, **19.**8
- espèces en péril, **19.**9,12
- état de l'environnement, **19.**19–20
- milieux humides, **19.**8,18
- pollution de l'eau, **19.**13–18
- présence humaine, **19.**10–13
- pressions exercées par les activités humaines, **19.**10–18
- qualité de l'eau, **19.**8–10,12–17
- qualité de vie, **19.**15
- richesses naturelles, **19.**8–10
- sauvegarde et mise en valeur, **19.**21

santé humaine et l'environnement
- activités récréatives, **5.**11
- appauvrissement de la couche d'ozone, **2.**20
- BPC, **3.**21; **4.**6,22–23; **15.**20–22; **21.**8; **27.**15
- CFC à la maison, **23.**19
- contamination des crustacés et coquillages, **4.**17
- dépôts acides, **2.**13; **24.**15
- eau potable, **3.**23-27
- métaux lourds, **3.**22–23; **8.**24; **15.**22; **21.**10
- milieu urbain vert, **13.**8
- particules en suspension, **2.**10–11; **27.**15
- pesticides, **3.**21
- plages municipales, **3.**16
- produits chimiques domestiques, **21.**22
- produits chimiques toxiques, **4.**6; **14.**5,11; **15.**20–22; **18.**13–14,19–21; **21.**11–12; **27.**15
- qualité de l'air à l'intérieur, **13.**24–25; **21.**12
- rayons UV-B, **2.**5; **23.**13–17

saumon
- Atlantique, **8.**12–13
- Pacifique, **8.**16,19–21

sauvagine, **20.**8,10–11,15–16

secteurs de préoccupation
- *voir* écosystème du bassin des Grands Lacs

Service canadien des parcs, **4.**28; **7.**9,20

sites du patrimoine culturel, **7.**13–16

sites miniers abandonnés, **11.**18–20
- *voir également* extraction des minéraux et des métaux

smog
- *voir* ozone de la basse troposphère

Société pour la protection des parcs et des sites naturels, **7.**21

sols
- *voir également* processus de dégradation des terres
- contamination, **5.**13–14
- érosion, **10.**15; **19.**16; **27.**14
- programmes de conservation, **9.**18–21

Stratégie canadienne de lutte contre les émissions de dioxyde de soufre, **11.**25

Stratégie d'action nationale sur le réchauffement climatique, **12**.17–18

Stratégie de l'environnement arctique, **15**.22–23

Stratégie mondiale de la conservation, **27**.7–16

Stratégie nationale pour le secteur forestier canadien, **10**.23; **27**.19

substances destructrices de la couche d'ozone
- 4R : récupération, recyclage, réutilisation et révision, **23**.23
- caractéristiques, **2**.21; **23**.8–9,18–22
- produits de remplacement, **23**.20–22

surpêche, **4**.7; **8**.12,23; **27**.14

syndrome du «pas dans ma cour», **13**.17; **14**.13; **21**.17; **25**.20; **27**.16

Système canadien de classification écologique du territoire, **7**.9,25

Système de classification écologique du territoire, **1**.13

Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail, **21**.19,22

T

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, **27**.22

terres
- *voir également* habitat, processus de dégradation des terres, utilisation des terres
- activités liées aux terres au Canada, **5**.5,8
- caractéristiques et nature du territoire canadien, **5**.4–5
- définition, **5**.4–5
- mode de propriété des terres au Canada, **5**.17–18
- pollution, **27**.12
- pressions exercées par les activités humaines, **5**.12–14

terres agricoles de choix, **9**.6–7

total des prises admissibles (TPA), **8**.5–6

tourisme
- *voir* loisirs et tourisme

Traité canado-américain concernant le saumon du Pacifique, **8**.21

traitement des eaux usées
- centres urbains choisis, **13**.15
- niveaux, **3**.10; **14**.11
- pourcentage de la population desservie, **3**.10; **4**.14
- tendances à l'amélioration, **13**.14; **16**.14

travail du sol, **9**.18–19

U

utilisation des terres
- activités industrielles des milieux urbains, **5**.8
- activités récréatives, **5**.11; **16**.20–21
- agriculture, **5**.7–8; **16**.22–23
- barrages et réservoirs, **5**.8
- bien commun des Canadiens, **5**.10
- concurrence et conflits, **5**.14–15
- développement durable, **5**.19; **9**.30
- développement urbain, **5**.9–10; **16**.23–24
- espaces en danger, **7**.7,21
- exploitation minière et énergétique, **5**.8
- foresterie, **5**.7; **16**.21–22
- intégration de l'utilisation des terres, **11**.23
- planification, **5**.16
- pressions exercées sur les milieux humides, **26**.7
- réserves écologiques, **5**.10
- revendications territoriales des autochtones, **5**.16–17; **15**.24,26
- transports, **5**.8–9; **16**.24
- utilisation polyvalente, **20**.16–17

V

vieilles forêts
- *voir également* forêts
- boréales, **10**.15; **26**.5
- douglas taxifoliés, **10**.14–16
- forêts ombrophiles tempérées de la côte Ouest, **7**.28; **10**.15
- île Moresby et le peuple Haida, **10**.15
- Temagami, **10**.15–16; **26**.5

ville
- *voir* croissance urbaine, milieu urbain